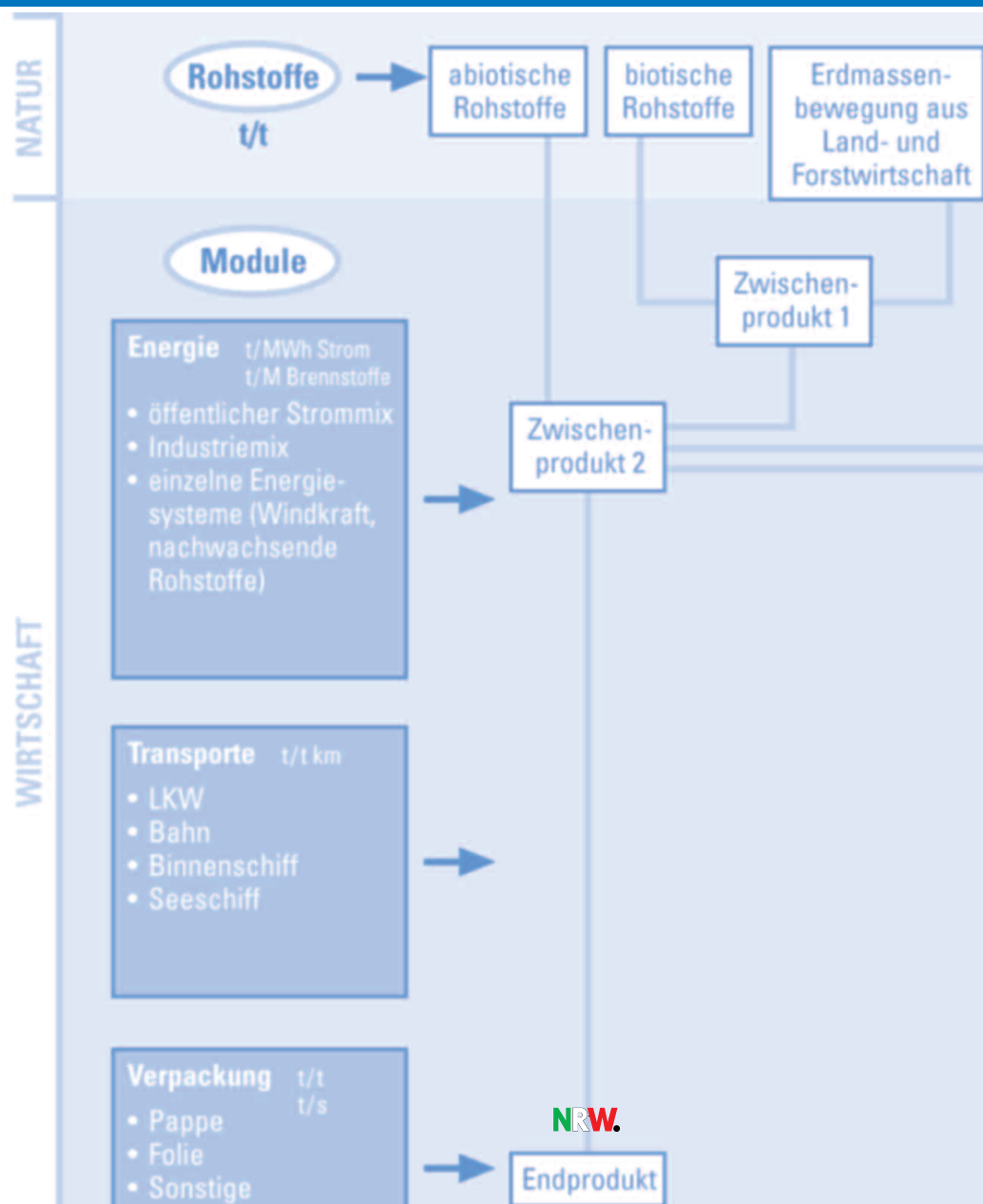


Michael Ritthof
Holger Rohn
Christa Liedtke

sekä Thomas Merten

MIPS-laskenta

Tuotteiden ja palveluiden
luonnonvaratuottavuus



Wuppertal Spezial 27fi

MIPS-laskenta

Tuotteiden ja palveluiden
luonnonvaratuottavuus

Michael Ritthoff
Holger Rohn
Christa Liedtke

sekä Thomas Merten

Toimittaneet suomentaneet
Venla Kinnunen
Eija Koski
Michael Lettenmeier

Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy
At the Science Centre North Rhine-Westphalia

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH
Wissenschaftszentrum Nordrhein-Westfalen

Ohjeita lukijalle:

1. Tärkeitä ohjeita, huomautuksia ja selittäviä esimerkkejä on sijoitettu marginaaleihin.
2. Laskentaohjeita on täydennetty kuvaavilla käytännön esimerkeillä.
3. Avainkäsitteet on kursivoitu ensimmäisen maininnan kohdalla, ja niiden selitykset löytyvät sanastosta.

Toimittaan suomentaneet: Venla Kinnunen, Eija Koski ja Michael Lettenmeier. Opas on suomennettu osana ympäristöministeriön tukemaa Suomen luonnonsuojeluliiton hanketta Materiaalivirta-ajattelun edistäminen.

Kaikki tiedot on mahdollisuuksien mukaan tarkistettu. Kirjoittajat eivät kuitenkaan vastaa tietojen oikeellisuudesta.

© Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy
at the Science Centre North Rhine-Westphalia, 2002
Layout: Visualisation Lab Wuppertal Institute

Suomalainen julkaisija: Suomen luonnonsuojeluliitto 2004.
Taitto: Credinet Oy (alkuperäisen layoutin pohjalta)
ISBN 952-9693-28-1

Sisällys

Esipuhe	5
Kiitossanat	7
Johdanto	8
MIPS-menetelmä	9
Miksi MIPS?	9
Materiaalin käyttö (MI) ja MI-luokat	12
MI-kertoimet	13
Palvelusuorite (S)	14
MIPS, MI vai MIT	15
Järjestelmärajat ja rajauskriteerit	15
MIPS-laskenta seitsemässä vaiheessa	17
Vaihe 1: Tavoitteen, kohteiden ja palvelusuoritteen määrittäminen	18
Vaihe 2: Prosessin kuvaaminen	21
Vaihe 3: Tietojen kerääminen	22
Vaihe 4: Materiaalipanoksen laskenta ”kehdosta tuotteeseen”	28
Vaihe 5: Materiaalipanoksen laskenta ”kehdosta hautaan”	32
Vaihe 6: Materiaalipanoksesta MIPSiksi	34
Vaihe 7: Tulosten tulkinta	35
Optimointistrategiat	36
Sanasto	38
Liitteet	
Taulukot	41
Laskentaesimerkkejä	44
Hyödyllistä tietoa	53

Esipuhe

Bill Gates on todennut: ”Edistystä ei voi estää – niinpä meidän kannattaa tehdä siitä mahdollisimman hyvä”. Emme tietenkään tunne tulevaisuutta, mutta sen sijaan rakennamme sitä päivittäin. Merkittävässä asemassa ovat tällöin yritykset, jotka ovat valmiita ottamaan riskejä. Ne törmäävät usein yhteiskunnan asettamiin rajoihin, esimerkiksi siihen, miten asiakkaat ottavat vastaan uudet tuotteet ja palvelut. Myös valtio asettaa rajoja edistääkseen tai rajoittaakseen markkinataloutta ohjaavia voimia, voitontavoittelua ja kilpailua.

1970-luvun alusta lähtien olemme tienneet, että luonnonvarojen kulutukselle on olemassa rajansa myös edistystä tavoiteltaessa. Pystymme kyllä vaikuttamaan ihmisten mieltymyksiin, tottumuksiin ja tuloihin, mutta emme kykene siirtämään luonnontaloudesta määräytyviä rajoja sinne, minne itse ne haluuisimme.

Vaikutamme ympäristöömme koko ajan, tiedostaen tai tiedostamattamme, olimme sitten rikkaita tai köyhiä. Emme häiritse luontoa tarkoituksella. Teemme niin, koska se on taloutemme puitteissa kannattavaa. Taloutemme vanhentuneet reunaehdot ohjaavat meitä vääränlaisilla hinnoilla ja pitävät yllä tukia, jotka palkitsevat luonnonvarojen kulutuksesta. Työ on Länsi-Euroopassa hyvin kallista, koska sen tekemisestä ja teettämisestä kerätään verotuloja. Luonnonvarat ovat melkein kauttaaltaan niin halpoja, ettei niiden hinta mitenkään vastaa todellisia kustannuksia. Kukapa haluaisi käyttää säästeliäästi juuri sitä, mikä on halpaa? Taloudesta tulee kestävä, mikäli se luo luonnollisten rajojen puitteissa hyvinvointia kaikille. Näihin rajoihin pääseminen edellyttää luonnonvarojen mahdollisimman säästeliästä käyttöä. Tähän on kaksi pääasiallista syytä. Ensiksi, taloutemme jätteet ja päästöt aiheuttavat sen, että äärimmäiset sääilmiöt lisääntyvät ja luonnonkatastrofien kustannukset nousevat vuosi vuodelta. Silti maailmanlaajuisesti jatkuvasti lisätään tulvien, myrskyjen ja aavikoitumisen ihmiselle aiheuttamien vaarojen ja kustannusten riskiä. Toiseksi, länsimaisen elintason tarjoaminen kaikille maailman ihmisille vaatisi enemmän kuin kahden maapallon verran luonnonvaroja.

Mitä on tehtävissä? Olisi hyvä jälleen muistaa se vanha viisaus, että voittoa voidaan kasvattaa, kun tuotannontekijöiden käyttö pidetään mahdollisimman alhaisena, ”ei ne suuret tulot, vaan pienet menot”. Tämä pätee luonnonvaroihin myös silloin, kun niiden hinnat ovat kaukana todellisista kustannuksista. A. D. Littlen tekemän uuden tutkimuksen mukaan Saksassa voitaisiin säästää 25 prosenttia luonnonvaroja tinkimättä hyvinvoinnista. Tämä merkitsisi 5 000 euron säästöä kotitaloutta kohden vuosittain ja 700 000 uuden työpaikan syntymistä Saksassa. Uusia veroja ei tarvittaisi, sillä valtiolla olisi paljon enemmän tuloja kuin mitä se nykyään yrittää veroina kerätä.

Taloutta tulisi siis dematerialisoida jo taloudellisistakin syistä. Tämän kehityksen edistäminen edellyttää kuitenkin sopivaa mittauskeinoja. Kehitin siksi kymmenen vuotta sitten älykkään taloudenhoidon mittariksi MIPSin (materiaalipanoksen palvelusuoritetta tai saatua hyötyä kohden). Päädyin tähän ideaan, koska olin huolestunut ympäristön tasapainosta. Ja huomasin myös – mikä pätee nykyään vielä enemmän kuin ennen – että tämä tasapaino on mahdollinen vain, jos länsimaisen hyvinvoinnin vaatimaa luonnonvarojen kulutusta vähennetään kymmenekseen nykyisestä, eli talous dematerialisoidaan kymmenen kertaa tehokkaammaksi (Factor 10). Tämä ei ole kuitenkaan kannattavaa nykyisillä työ- ja materiaalikustannuksilla sekä nykyisillä tuilla ja standardeilla. Tästä syystä on jo vuosia vaadittu taloudellisen toiminnan reunaehto- ja uudistamista. Muutoin kestävä kehitys ei taatusti saavuteta.

Perinteisen insinöörیتieteen näkökulmasta Factor 10 vaikuttaa ensin mielettömältä. Sitä se ei kuitenkaan ole, kahdesta syystä. Ensiksi, kyse ei ole siitä, että

olemassa olevat hyödykkeet ja koneet tehtäisiin kymmenen kertaa pienemmiksi säilyttäen samanlainen suorituskyky (vaikka tämäkin saattaisi joskus olla mahdollista), vaan siitä, että toivottu hyöty saadaan aikaan uusien teknisten ratkaisuin. Tämä on ollut työvoiman käytön tehostamisen kohdalla jo pitkään itsestään selvää, ja tekniset saavutukset tällä alueella ylittävät Factor 10:n tavoitteet. Toiseksi, laskettaessa luonnonvarapanoksen suuruutta on otettava huomioon kaikki materiaalit, jotka on ”ensimmäisestä lapionpistosta lähtien” siirretty tai muokattu jonkin raaka-aineen valmistamiseksi. Kutsuin tätä ”ekologiseksi selkäreppukertoimeksi”. Esimerkiksi kuparin kerroin on 179 kg/kg, alumiinin 19 kg/kg ja teräksen 1,5 – 9,5 kg/kg. Jokainen säästetty kilo kuparia tarkoittaa, että käytetään 179 kg vähemmän luonnonvaroja. Tämä tarkoittaa myös, että jos tuotteita suunniteltaessa lähtöaineet valitaan niiden selkäreppukerrointen perusteella, voidaan luonnonvaratuottavuutta lisätä huomattavasti enemmän kuin mitä tuotteen painon pienentäminen antaa olettaa.

Japani on jo pitkään ymmärtänyt Factor-tavoitteiden, ekologisen selkäreppun ja MIPSin merkityksen ja sisällytti ne talousstrategioihinsa vuonna 2001. Tästä syystä japanilainen Takeda-säätiö myönsi minulle ja Ernst Ulrich von Weizsäckerille vuonna 2001 ”maailman ympäristöpalkinnon”. Tämä palkinto perustettiin varta vasten ”ympäristöalan Nobel-palkinnoksi”.

Euroopassa yritysten tulisi oman tulevaisuutensa vuoksi vastata seuraavaan kysymykseen: Kuka tai mikä maa palvelee lähitulevaisuudessa menestyksekkäästi maailmanmarkkinoita, kun luonnonvarat niukkenevat ja niiden hyödyntäminen johtaa kustannuksia aiheuttaviin ympäristömuutoksiin?

Tämän oppaan on kirjoittanut Christa Liedtke ja hänen kollegansa, ja se on saatavissa saksan- ja englanninkielisenä. (Sekä nyt vuonna 2004 myös suomeksi; toim. huom.) Se ohjaa kiinnostuneita selväsanaisesti vaihe vaiheelta käyttämään MIPS-menetelmää uusien teknisten ratkaisujen innovoinnissa.

Alku on aina vaikein. Tämä pätee myös ja erityisesti pyrkimykseen saada tuottajat ja kuluttajat vakuuttuneiksi siitä, että ihmiskunnan on mahdollista, välttämätöntä ja edullista ohjata edistys luonnollisia rajoja kunnioittavaksi – ja näin tehdä siitä mahdollisimman hyvä. Christa ja hänen työtoverinsa ansaitsevat todellakin kiitosta, tunnustusta ja jatkuvaa menestystä.



Professori Friedrich Schmidt-Bleek
Factor 10 Institute
Carnoules, Provence, lokakuu 2002

Kiitossanat

Tämän oppaan tekemisen on mahdollistanut intensiivinen yhteistyö, johon viimeisten kahdeksan vuoden aikana ovat osallistuneet lukuisat yritykset (esim. Kambium Möbelwerkstatt GmbH, Hess Naturtextilien GmbH, Eurotec Pazen GmbH) ja instituutiot (Nordrhein-Wesfalenin ympäristö-, maatalous- ja kuluttaja-asiaiministeriö sekä opetus- ja tutkimusministeriö, Factor 10-instituutti, Factor 10 Innovation Network jne.). Julkaisun ensimmäinen versio syntyi projektissa ”Toimi huomisen maailman puolesta – luonnonvarojen hoito- ja hallinta Hess Naturilla” Hess Naturtextilien GmbH:n kanssa. Tässä erityinen kiitoksemme kuuluu Katharina Paulitschille ja Roland Sturmille.

Kiitos kuuluu myös Wuppertal-instituutin ”Ainevirrat ja rakennemuutos”-osaston ja ”Ekotehokkuus ja kestävät yritykset”-työryhmän työtovereillemme, jotka ovat työskennelleet MIPS-menetelmän parissa viime vuosina. He ovat kaikki eri tavoilla myötävaikuttaneet tämän julkaisun syntymiseen. Erityinen kiitos kuuluu Hartmut Stillerille, joka osallistui monissa keskusteluissa tämän oppaan kehittämiseen sekä Stefan Bringezulle hänen rakentavista korjausehdotuksistaan. Emme halua myöskään unohtaa lukuisia päättötyöntekijöitä, väitöskirjantekijöitä ja harjoittelijoita, jotka ovat tehneet MIPS-laskelmia oppaan ohjeiden mukaan ja kysymyksillään sekä ongelmillaan edistäneet tämän julkaisun ymmärrettävyyttä ja sovellettavuutta.

Johdanto

Tämä opas on MIPS-menetelmän mukaisen materiaalivirtatarkastelun käytännön käsikirja. Lyhenne MIPS perustuu sanoihin **Material Input per Service Unit**, materiaalipanos palvelusuoritetta kohden. MIPS on mittari, joka on kehitetty Wuppertal-instituutissa ja joka toimii ennaltaehkäisevän ympäristönsuojelun indikaattorina. Tämä ei kuitenkaan ole kattava menetelmäopas, vaan ennemminkin jo olemassa olevien julkaisujen, erityisesti materiaali-intensiteettianalyysin (MAIA) käsikirjan (Schmidt-Bleek ym. 1998, ei suomennettu), täydentäjä. MIPS-menetelmän teoreettisesta perustasta kiinnostuneiden on käännettävä muun kirjallisuuden puoleen (ks. kirjallisuusluettelo). Suomeksi menetelmää ja sen käyttöä on kuvattu julkaisussa Ekotehokkuus – Business as Future (Autio ja Lettenmeier 2002). Tämän oppaan saksankielistä alkuperäistekstiä on suomentamisen yhteydessä hiukan täydennetty, jotta MAIA-käsikirjaan perehtymätönkin saa riittävät tiedot materiaalivirtatarkastelun tekemiseksi.

Tämä opas sisältää lisätietoja, jotka ovat tarpeen käytännön työssä: esimerkkejä mahdollisista ongelmista, joita käyttäjät saattavat MIPS-tarkastelua suorittaessaan kohdata, sekä neuvoja, joilla ongelmat voidaan menetelmän mukaisesti ratkaista. Jotkut mainitut asiat eivät ehkä vaikuta erityisen olennaisilta. Kokemus materiaalivirta-analyyseistä kuitenkin osoittaa, että myös ”itsestäänselvyydet” on joskus hyvä palauttaa mieleen.

MIPS-laskentaa voidaan soveltaa eri tasoilla, esimerkiksi tuotteisiin ja palveluihin, yrityksiin, kotitalouksiin, alueellisesti ja kokonaisesti kansantalouksiin. Tämä opas on kohdistettu yrityksille ja henkilöille, jotka haluavat tehdä tuotteiden tai palveluiden materiaalipanos- (MI-) tai MIPS-analyysijä. Toivottavasti opas osaltaan edistää näiden laskelmien tekemistä, parhaiden vaihtoehtojen toteuttamista niiden pohjalta ja sitä kautta ympäristön ja luonnonvarojen säästämistä.

Opas tarjoaa yleiskatsauksen siihen, mitä MIPS on ja miten se lasketaan. Seuraavissa jaksoissa selitetään avainkäsitteet sekä keskeiset menettelytavat, ja niitä valaistaan esimerkein sekä täydentävin selityksin. Samalla tarjotaan muuta lisätietoa kuten muuntotaulukoita, joista on usein suurta hyötyä.

MIPS-menetelmä

Miksi MIPS?

MIPS tulee sanoista **Material Input per Service Unit**, *materiaalipanoksen palvelusuoritetta* kohden. MIPS-luku ilmaisee, kuinka paljon *luonnonvaroja* ("materiaalia") käytetään kaikkiaan tietyn hyödyn, palvelun tai tuotteen tuottamiseen. Kun MIPS-arvosta muodostetaan käänteisarvo, saadaan luonnonvarojen tuottavuus eli luonnonvaratuottavuus, joka siis kertoo, kuinka paljon hyötyä tietty määrä luonnonvaroja tarjoaa.

Kun luonnosta otetaan ja siihen palautetaan materiaalia, aiheutuu muutoksia luonnollisissa *ainevirroissa ja -kierroissa*. Aikaisemmin ihmisen aikaperspektiivistä vakaat luonnon itsesääätelyjärjestelmät muuttuvat epävakaiksi (selkein esimerkki tästä lienee ilmastonmuutos). Tämä voi muuttaa ympäristön tilaa väliaikaisesti tai pysyvästi.

MIPS on kehityksen suunnasta kertova ja käytännönläheinen indikaattori, jolla voidaan osoittaa luonnonvarojen säästävän toiminnan innovaatiomahdollisuuksia. Tulevaisuuskelpoinen taloudellinen toiminta voi MIPS-tarkastelun avulla toteutua niin yritystasolla, elinkeinoelämän eri sektorien tasolla kuin myös alueellisessa, kansallisessa ja globaalissa taloudessa. Kun näiden eri tasojen toiminnot liitetään toisiinsa, lisäävät kaikki materiaalipanosten optimoinnit osaltaan koko *elinkaaren* ja koko taloudellisen toiminnan luonnonvaratuottavuutta.

Yritykset voivat tarkastella MIPSin avulla tuotteidensa ja palveluidensa ympäristöominaisuuksia koko niiden elinkaaren ajalta. MIPS-tarkastelu tarjoaa lisäksi sen merkittävän edun, että rajallisella vaivalla tehdyistä analyyseistä ja laskelmista voidaan johtaa mahdollisia uusia tuote- ja tuotantoinnovaatioita, joita voidaan hyödyntää tai soveltaa nykyisillä ja tulevilla markkinoilla. Ratkaiseva ero *päästöjä* tarkasteleviin indikaattoreihin on siinä, että MIPS ohjaa kohti uudenlaisia kestäviä tuotteita ja palveluita, eikä vain jo olemassa olevien tuotteiden päästöjen vähentämiseen.

MIPS-mittari kertoo välillisesti muutakin. Jokainen materiaalipanoksen muuttuu ennemmin tai myöhemmin *jätteeksi* tai päästökseksi. Niinpä panokset laskemalla saadaan karkea arvio potentiaalisesta ympäristön kokonaiskuormituksesta. Useimmat tuotteiden ympäristökuormitusta arvioivat menetelmät tarkastelevat vain *tuotoksia* (lähinnä päästöjä), joiden ympäristövaikutukset tunnetaan kokonaan tai osittain. Niitä aineita, joiden ympäristövaikutukset tunnetaan hyvin ja kattavasti, on kuitenkin hyvin vähäinen määrä (muutama sata) verrattuna kaikkiin vapautettuihin aineisiin (satoja tuhansia).

Kun tuotosten sijaan tarkastellaankin panoksia, silloin myös tuotokset luokituvat automaattisesti mukaan laskelmiin: panokset muuttuvat prosesseissa tuotoksiksi – joista kuitenkin vain harvat, eli lähinnä tuotteet ovat käyttökelpoisia ja toivottuja. Laskemalla panoksia ei saada ei saada laadullista vaikutusarviota, vaan määrällinen indikaattori, joka kuvaa tuotteiden tai palveluiden potentiaalia aiheuttaa ympäristökuormitusta. Näin MIPS sopii ennaltaehkäisevän ympäristönsuojelun indikaattoriksi ja täyttää samalla muiden ympäristökuormituksen arviointimenetelmien jättämän aukon. MIPS-laskenta ei rajoitu tiettyihin materiaaleihin ja niille ominaisiin ympäristöhaittoihin, ja tämä ominaisuus tekee siitä hyvän apuvälineen ympäristöongelmien ennaltaehkäisyssä. Sen perimmäinen tavoite, ainevirtojen pienentäminen, vähentää niin tunnettuja kuin vielä tuntemattomiakin ympäristöongelmia.

MIPS = Materiaalipanoksen palvelusuoritetta kohti = MI/S

MIPSin käänteisarvo = luonnonvaratuottavuus = S/MI

Kun määritetään esimerkiksi tuotteiden potentiaalia aiheuttaa ympäristökuormitusta, käytettävien indikaattoreiden on täytettävä seuraavat vaatimukset. Niiden tulee:

- ▶ taata läpinäkyviä ja toistettavissa olevia ympäristökuormituspotentiaalin arvioita kaikille prosesseille, hyödykkeille ja palveluille kehdosta hautaan
- ▶ perustua tieteelliseen tutkimukseen
- ▶ olla helposti sovellettavia sekä kustannus- ja aikatehokkaita
- ▶ antaa suunnaltaan oikeita vastauksia
- ▶ ottaa taloudelliset tekijät huomioon sekä periaatteen että käytännön tasolla
- ▶ olla sovellettavissa kaikille tasoille – paikallisesti, alueellisesti ja maailmanlaajuisesti

Väite:

Koko elinkaaren huomioon ottava tarkastelu on liian kallista ja aikaa vievää.

Vastaus:

Tarkastelun vaikutukset, siitä seuraavat toimenpiteet ja sen synnyttämät kannusteet tuote- ja prosessi-innovaatioihin vahvistavat taloutta ja tuottavat yleensä investointeihin nähden monin verroin hyötyä.

Elinkaaren tarkastelusta

Tuotteista voi vain harvoin suoraan päätellä, millaisia ympäristöhaittoja niiden tuotanto ja käyttö aiheuttavat. MIPS-menetelmään pätee sama kuin kaikkiin muihinkin ympäristökuormituksen arviointimenetelmiin: jotta tarkastelu olisi merkityksellinen, on analysoitava kaikki tuotteen elinkaaren vaiheet:

- tuotanto (käsittää raaka-aineen luonnosta ottamisen, väli- ja lopputuotteiden tuottamisen, kuljetukset ja myynnin)
- käyttö (käsittää käytön aikaiset *panokset* sekä kuljetukset ja korjaukset)
- kierrätys ja/tai jätehuolto

MIPS-ajattelun mukaan tuotteet kantavat ympäristövaikutuksia mukanaan näkymättömän ”*ekologisen selkärepun*” muodossa. MIPS-tarkastelu kattaa koko elinkaaren, ja siten se on myös maailmanlaajuinen eli tuo myös muualla aiheutetun luontoon puuttumisen nähtäville. MIPS-ajattelun perustana on käsitys, että tuotteen tai palvelun mahdollisia ympäristövaikutuksia voidaan arvioida elinkaaren aikaisten materiaalien perusteella: mitä vähemmän raaka-aineita käytetään, sitä pienempi on riski, että syntyy erilaisia ympäristöhaittoja.

Alla muutamia seikkoja, jotka havainnollistavat elinkaaritarkastelun ominaispiirteitä ja tarpeellisuutta (vieressä joitakin esimerkkejä):

- Samankaltaiset tuotteet tuotetaan usein eri tavoin, ja siksi ne aiheuttavat myös erilaisen ympäristökuormituksen. Yksittäiset elinkaaren vaiheet eivät ole toisistaan riippumattomia. Jokaisen vaiheen optimoinnin yhteydessä on siksi huomioitava, että yhdessä kohtaa tehdyt muutokset voivat saada aikaan muutoksia myös muissa kohdissa. Tehostettu tuotanto ei ehkä hyödytä, jos samanaikaisesti tuotteen käyttöikä laskee tai sen huoltotarve nousee. Tavoitteena on aina oltava paras mahdollinen kokonaisratkaisu. Tuottaja vaikuttaa myös tuotteen käyttöön! (Esimerkit A, B, D, E)
- Elinkaaren eri vaiheiden merkitys voi eri tuotteiden kohdalla vaihdella suuresti. On tuotteita, jotka ovat materiaali-intensiivisiä tuotantovaiheessa (suurin materiaalikulutus tapahtuu tuotantovaiheessa) ja tuotteita, jotka ovat materiaali-intensiivisiä kulutuksessa (merkittävin ympäristökuormitus syntyy käytössä). (Esimerkki B)
- Joskus on hyvä verrata toisiinsa vaihtoehtoja, joista toisessa korostuu käyttövaihe ja toisessa tuotantovaihe. (Esimerkki C)
- Tuotekehityksen myötä voi eri vaiheiden merkittävyys muuttua tai jopa kääntyä päinvastaiseksi. Jos optimointi keskittyy vain elinkaaren yhteen vaiheeseen, saattaa jäädä huomaamatta, että toinen vaihe on tullut merkityksellisemmäksi ajan kuluessa. (Esimerkit B, E)
- Yhä harvemmin kaikki elinkaaren vaiheet sijoittuvat samalle maantieteelliselle alueelle. Tämä johtaa siihen, että havaitsemme useimmiten vain sellaisia ympäristöhaittoja, jotka koskettavat meitä itseämme. Siksi saatamme optimoida prosesseja tai tuotteita vain rajoittuneiden havaintojemme perusteella. Laajemmat ongelmat syntyvät usein muissa maissa, ja ne havaitaan usein vääristyneesti, jos lainkaan. (Esimerkit D, E)
- elinkaaren hallinnan kannalta olennaisia vaiheita ja toiminta-alueita ei välttämättä heti tunnisteta. (Esimerkki E)

Esimerkkejä elinkaaren tarkastelun näkökohdista

A) Soodaa myydään niin synteettisenä soodana (Solvay-valmistusmenetelmä) kuin luonnollisena soodana (soodajärvet). Soodalaaduilla on erilainen materiaali-intensiteetti, mutta toisiinsa verrattavissa olevat käyttöominaisuudet.

B) Merkittävimmät henkilöautojen ympäristövaikutukset syntyvät yhä edelleen käyttövaiheen aikana. Vähenevän polttoainekulutuksen ja autojen monimutkaistumisen myötä tuotannon ja kulutuksen suhde muuttuu vähitellen. Tuotantovaiheen merkitys kasvaa.

C) Miellyttävän huonelämpötilan saamiseksi voi joko lämmittää asuntoa tai parantaa eristystä. Eristys on tuotantointensiivistä (korkea luonnonvarojen kulutus tuotantohetkellä), lämmittäminen käyttöintensiivistä (suuri kulutus käytön aikana).

D) Massatuotteiden tai perusraaka-aineiden tuotanto (esimerkiksi metalli- ja nahkatuotteiden valmistus) ja niiden aiheuttamat ympäristövaikutukset siirtyvät yhä useammin teollisuusmaista kehitysmaihin.

E) Tekstiilien peseminen (ja myös niiden yleistävä kuivaaminen kuivausrummussa) kuluttaa tunnetusti paljon luonnonvaroja. Kuitenkin yhtä suuri ellei vielä suurempi luonnonvarojen kulutus syntyy tekstiilien maailmanlaajuisissa tuotantoketjuissa, mikä jää kuluttajilta kuitenkin herkästi havaitsematta.

Materiaalin käyttö (MI) ja MI-luokat

MIPS-tarkastelun aluksi lasketaan tuotteen vaatima materiaalinkäyttö (materiaalipanos, material input, MI) eli tuotannon, käytön ja hävittämisen tai kiertäyksen aikana tapahtunut luonnonvarojen kulutus. Kaikki luvut vastaavat luonnossa liikuteltuja tonneja. MI-arvo lasketaan osittain tai kokonaan *MI-kerrointen* avulla (ks. alla).

Materiaalipanoset jaetaan MIPS-menetelmässä viiteen luokkaan. Nämä luokat ovat

- ▶ *abioottiset raaka-aineet,*
- ▶ *bioottiset raaka-aineet,*
- ▶ maa- ja metsätaloudessa *siirretty maaperä* (mekaaninen maanmuokkaus ja/tai eroosio)
- ▶ *vesi ja*
- ▶ *ilma.*

Jako näihin viiteen luokkaan on muodostunut MIPS-menetelmän monivuotisen kehittelyn ja käytön aikana, ja sitä sovelletaan melko yhtenäisesti. Myös materiaalivirtatilinpidon kansallisissa ja kansainvälisissä tilastoissa käytetään lisääntyvästi tätä luokittelua, jolloin makro- ja mikrotason tietojärjestelmät sopivat yhteen.

Edellä esitetyt viisi luokkaa käsittävät seuraavat materiaali-panokset:

I. Abioottiset raaka-aineet

- ▶ raaka-aineina käytetyt mineraalit (käytetty kaivannaiset, kuten malmi, hiekka, sora, liuskekivi, graniitti)
- ▶ fossiiliset polttoaineet (mm. hiili, öljy, maakaasu) käyttämättä jääneet kaivannaiset (ylijäämää, sivukivi jne.)
- ▶ siirretty maa-aines (esim. kaivettu maa tai sedimentti)

II. Bioottiset raaka-aineet

- ▶ viljelty biomassa
- ▶ biomassa viljelemättömiltä alueilta (kasvit, eläimet jne.) (Ihmissen kasvattamat hyöty- ja kotieläimet lukeutuvat teknosfääriin, minkä vuoksi niiden aiheuttama luonnonvarojen kulutus lasketaan niiden tarvitsemana, luonnosta otettuna biomassana, esimerkiksi rehuna.)

III. Maa- ja metsätaloudessa siirretty maaperä

- ▶ mekaaninen maan siirtäminen tai
- ▶ eroosio

IV. Vesi (eroteltu prosessi- ja jäähdytys-veeten)

- ▶ pintavesi
- ▶ pohjavesi
- ▶ porakaivovesi

V. Ilma

- ▶ palamisprosesseissa käytetty
- ▶ kemiallisesti muutettu
- ▶ fysikaalisesti muutettu (vain aggregaattitilan muutos, esimerkiksi nestemäinen tyyppi, mutta ei paineilma)

Luokka ”maa- ja metsätaloudessa siirretty maaperä” kirjataan erikseen, jotta voitaisiin osoittaa maa- ja metsätaloudesta johtuva maan kulumisen (eroosio) ja maan muuttuminen mekaanisen maanmuokkauksen seurauksena. Eroosio-arvot tunnetaan nykyään jo yleisesti, ja ne ovat paikoitellen suuruusluokaltaan merkittäviä (vrt. paitaesimerkki sivulla 29). Aktiivisia maan siirtoja, kuten viljelymaan kyntämistä, on nykyään vielä vaikea arvioida tai laskea, vaikkei niitäkään missään nimessä voida pitää ”ympäristöneutraaleina”. Tavoitteena on hankkia mielekästä tietoa kummastakin maan siirron muodosta, mutta toistaiseksi aktiivinen maaperän siirtäminen ei ole mukana esimerkiksi valmiiksi lasketuissa MI-kertoimissa. Selvyyden vuoksi on hyvä raportoida, miten siirretty maaperä on otettu huomioon laskennassa.

MI-kertoimet

MIPS-menetelmän kehittämisestä lähtien eri tahot ovat laskeneet laajojen järjestelmäanalyyysien avulla raaka-aineille ja muille tuotantopanoksille niiden *materiali-intensiteettiä* (MIT) kuvaavia MI-kertoimia. Valmiiden kerrointen käyttö helpottaa laskentaa ja riittää suunnaltaan luotettavien tulosten saamiseen.

MI-kerroin ilmoittaa, montako kiloa luonnonvaroja kuluu yhden raaka-ainekilon tuottamiseen. Kertoimen yksikkö on kg/kg tai vastaavasti tonnia/tonni. MI-kertoimia on laskettu myös ”painottomille panoksille” kuten energianlähteille, sähkölle tai kuljetuksille. Tällöin ilmoitetaan luonnonvarojen kulutus esimerkiksi kiloina kilowattituntia, *henkilökilometriä* tai *tonnikilometriä* kohden (kg/kWh, kg/hlö-km tai kg/tkm). Osoittajassa on siis aina painoyksikkö (luonnonvarojen kulutus kiloina tai tonneina) ja nimittäjässä tuotteelle ominainen yksikkö, kuten kilo (villaa) tai kilowattitunti (sähköä).

Valmiita MI-kertoimia voidaan käyttää tuotteiden ja palveluiden MIPS-laskennassa aina silloin, kun on kyse yleisesti markkinoilla liikkuvista aineista (kuten teräs, alumiini, betoni, tavallisimmat muovit, lasi ja niin edelleen) tai ”painottomista panoksista” (kuten sähköstä tai kuljetuksista). Etuna on, ettei jokaisen käyttäjän tarvitse laskea erikseen tuotteen elinkaaren kaikkia aikaisempia vaiheita, esimerkiksi teräksen tuotantoketjua.

Valmiit MI-kertoimet eivät kuitenkaan ole kaikissa tilanteissa käyviä. Esimerkiksi ”sähköpanosten” MI-kertoimet perustuvat tietyillä energianlähteillä ja tuotantotavoilla tuotettuun sähköön. Jos tarkastellaan niistä poikkeavia prosesseja (esimerkiksi tietyn sähköyhtiön tai tuotantolaitoksen sähköntuotantoa), ei soveltuvia MI-kertoimia ole julkisissa luetteloissa, tietokannoissa tai julkaisuisissa. Ne on tällaisessa tapauksessa laskettava itse.

Wuppertal-instituutin vahvistamat ja julkaisemat eurooppalaiset kertoimet ovat ladattavissa instituutin kotisivuilta (www.mips-online.info). Luetteloa päivitetään säännöllisesti. Mainituilla kotisivuilla on myös linkkejä muille sivustoille, joilta löytyy lisää aineistoa MI-kertoimista. Suomen oloissa päteviä MI-kertoimia on koottu suomenkielisille Internet-sivuille www.mips-online.fi, mikä lisäksi niitä kannattaa hakea julkaistuista tutkimusraporteista. Tähän oppaaseen ei ole liitetty luetteloa olemassa olevista MI-kertoimista, sillä se ei säilyisi pitkään ajanmukaisena.

Ennen yksityiskohtaisten laskelmien aloittamista kannattaa tarkistaa, onko soveltuvia MI-kertoimia jo valmiiksi laskettuna.

Katso: www.mips-online.info ja www.mips-online.fi

Sähkön MI-kertoimet ovat esimerkiksi:

	Abioottiset raaka-aineet (kg/kWh)	Bioottiset raaka-aineet (kg/kWh)	Vesi (kg/kWh)	Ilma (kg/kWh)	Siirretty maaperä (kg/kWh)
Sähkö (julk. verkko, Saksa)	4,7	-	83,1	0,6	-
Sähkö (teollisuuden tuotanto omaan käyttöön, Saksa)	2,67	-	37,9	0,64	-
Sähkö (eurooppalaiset OECD-maat)	1,58	-	63,8	0,425	-
Sähkö (julk. verkko, Suomi 2002)	0,5	-	186	0,21	-

Eri energialähteillä tuotetun sähkövirran MI-kertoimet (Saksan olosuhteissa) ovat esimerkiksi:

Sähkön- tuotanto	Abioottiset raaka-aineet (t/t)	Bioottiset raaka-aineet (t/t)	Vesi (t/t)	Ilma (t/t)	Siirretty maaperä (t/t)
Ydinvoima (ei sis. ydin- jätehuoltoa)	0,31	-	79,5	0,005	-
Ruskohiili	14	-	88,2	1,13	-
Saksalainen kivihiili	0,77	-	80,3	0,81	-
Maakaasu	0,32	-	79,4	0,847	-
Vesivoima	0,13	-	0,1	0,005	-

MI-kertoimien laskenta tapahtuu samalla tavalla kuin seuraavaksi esitelty tuotteiden tai palveluiden materiaalien laskenta, sillä erotuksella, että silloin käytetään ”palvelusuoritteena” esimerkiksi aineen paino- tai tilavuusyksikköä tai energialähteen *lämpöarvoa*. MI-kertoimia voidaan laskea mille tahansa raaka-aineille tai muille panoksille. Käytännössä jokainen MIPS-analyysi sisältääkin suuren määrän aiemmin laskettuja MI-kertoimia.

Palvelusuorite (S)

Toisistaan poikkeavien ratkaisujen vertailuun tarvitaan yhteinen mittayksikkö. MIPS-menetelmässä tätä yksikköä kutsutaan palvelusuoritteeksi. Elinkaaren aikana kuluneiden luonnonvarojen määrä (MI) jaetaan MIPS-laskennassa elinkaaren aikana aikaansaatuun palvelusuoritteiden määrällä (S), jolloin saadaan tietää luonnonvarojen kulutus yhtä palvelusuoritetta kohden. Esimerkiksi pesukoneen palvelusuoritteeksi voidaan määritellä sen elinkaaren aikana pesemien pesukertojen määrä, kirjan palvelusuoritteeksi lukukertojen määrä, huonekalun palvelusuoritteeksi sen käyttövuosien määrä ja auton palvelusuoritteeksi sen elinkaarensa aikana kulkemien kilometrien määrä.

Palvelusuoritetta määriteltäessä on usein välttämätöntä arvioida tuotteen käyttöikä. Arvioinnissa voidaan käyttää hyödyksi samankaltaisten jo käytöstä poistettujen tuotteiden käyttöikä tietoja. Arvion pohjana voi olla myös tuotteen suunniteltu käyttöikä tai joissain tapauksissa tuotteen takuu-aika. Valittavan kriteerin on oltava käytännöllinen, ja sen tulee vastata todellisia olosuhteita mahdollisimman hyvin.

Yleensä tuote ei tarjoa vain yhdenlaista palvelua tai hyötyä, vaan palvelukokonaisuuden. Siksi kokonaisuudesta on valittava tarkastelun kannalta keskeisin palvelu. Esimerkiksi liikennevälineen osalta keskeistä on sen kyky kuljettaa esimerkiksi henkilöitä paikasta toiseen. Palvelusuoritteeksi on tällöin järkevää määritellä henkilökilometri. Jos halutaan, voidaan joitakin hyötyjä tai palveluita määritellä tarkastelun reunaehdoiksi, joita kaikilta tarkasteluun otettavilta vaihtoehdoilta edellytetään. Reunaehdot voivat joskus vaikuttaa huomattavasti tarkasteltavien vaihtoehtojen luonnonvarojen kulutukseen.

Palvelusuorite-käsite perustuu ajatukseen, että kuluttaja ei tarvitse tuotetta sinänsä vaan tuotteesta saatavaa palvelua. Tuotteet nähdään siis ”palveluntuotantolaitteina”, joiden tarkoitus on tietyn hyödyn tuottaminen kuluttajalle. Palvelusuorite-käsite mahdollistaa siten esimerkiksi materiaalien ja ei-materiaalien palveluiden keskinäisen vertailun. Kun tuotetta tai toimintaa arvioidaan ensisijaisesti sen asiakkaalle tarjoaman hyödyn ja lisäarvon kannalta, MIPS-tar-

kastelu voi myös johtaa uusiin, palvelulähtöisiin ekotehokkuusinnovaatioihin ja liiketoiminnan painopisteen siirtämiseen tuotteista palveluihin. Näin MIPS-tarkastelu voi tuoda uusia näkökulmia yrityksen tuotteiden ja liiketoiminnan kehittämiseen.

MIPS, MI vai MIT?

MIPS-käsitteen avulla voidaan ilmaista, paljonko luonnonvaroja on kulunut esimerkiksi jonkin tuotteen avulla tuotettua yhtä palvelusuoritetta kohden.

Joissakin tapauksissa riittää, että lasketaan tietylle hyödyille tai palvelulle MIPS-arvon sijaan pelkkä käytetyn materiaalianoksen määrä eli MI-arvo. Esimerkiksi kun verrataan alustavasti vaihtoehtoisia materiaaleja, tieto eri raaka-aineiden tuottamiseen tarvittavasta materiaalianoksesta saattaa riittää. Esimerkiksi voidaan laskea MI-arvo puusta ja teräksestä tehdyille sähköpylväille. Jos tämä tarkastelu suhteutetaan palvelusuoritteeseen, saadaan MIPS-arvo. Palvelusuorite on sähköpylväiden tapauksessa ”sähköjohdon pitäminen määrätyn ajan määrätyllä tavalla maanpinnan yläpuolella”.

Materiaali-intensiteetillä (MIT) tarkoitetaan MI-kerrointen ilmaisemaa luonnonvarojen kulutusta yhtä raaka-aine-, *energialähde*-, sähkö- tai kuljetusyksikköä kohden.

Järjestelmärajat ja rajauskriteerit

Järjestelmien rajat

MIPS-analyysissä otetaan huomioon kaikki luonnossa (*ekosfäärissä*) teknisesti aikaansaadut ainevirrat. Analyysissä lasketaan kaikki sellaiset materiaalit, jotka ihminen on ottanut *luonnollisesta paikastaan*.

Järjestelmäraja vedetään siis ekosfääriin eli luonnollisen ympäristön ja tekносfääriin eli kaikki ihmisen aktiviteetit käsittävän järjestelmän väliin. Teknosfääri on ekosfääriin sisällä, ja aineet siirtyvät niiden välillä. Yhtäältä teknosfääriin virtaa luonnonvaroja, joiden avulla rakennamme hyvinvointiamme. Puhumme tällöin panoksesta. Toisaalta nämä materiaalit palautuvat ennemmin tai myöhemmin, muodossa tai toisessa, takaisin luontoon ylijäämämaana, jätteinä, päästöinä tai *jätevesinä* (tuotos).

Tämä on teoreettisesti katsottuna kattavan elinkaaritarkastelun ainoa merkityksellinen järjestelmäraja, koska kaikki ekosfääristä tekносfääriin tapahtuvat ainevirrat on laskettava. Teknosfääriin sisäiset järjestelmärajat ja niiden rajauskriteerit ovat kuitenkin välttämättömiä työmäärän pienentämiseksi. Kulloinkin tarkasteltavan *prosessin* järjestelmärajat ovat osin ekosfääriin ja teknosfääriin välisiä, osin teknosfääriin sisäisiä. Vastaavasti prosessin panokset ja tuotokset eivät kaikki ole panoksia suoraan ekosfääristä tai tuotoksia suoraan takaisin ekosfääriin.

Mittayksikkönä palvelusuorite

Palvelusuorite-mittayksikköä tarvitaan, kun tarkastellaan luonnonvarojen kulutusta esimerkiksi matkalla Tampereelta Helsinkiin. Matkan voi taittaa autolla, linja-autolla, erityyppisillä junilla tai lentokoneella. Vaikka matka eri kulkuneuvoissa voi tuntua aivan erilaiselta, on vertailu matkustajakilometrien perusteella kuitenkin useimpiin tarkoituksiin riittävä. Haluttaessa voidaan palveluyksikön määrittelyä tarkentaa ihmisten subjektiivisten tarpeiden mukaan reunaehdoja määrittämällä, esimerkiksi edellyttämällä tarkasteltavilta matkavaihtoehdoilta tietynkokoista jalkatilaa tai vaikkapa sähköpistokkeen käyttömahdollisuutta.

MIPS = Materiaalianos palvelusuoritetta kohti = MI/S

MI = materiaalianos (käytettyjen luonnonvarojen yhteismäärä)

MIT = materiaali-intensiteetti (materiaalianoksen suhde esimerkiksi paino-, energia tai kuljetusyksikköä kohden)

On suositeltavaa, että käytetyt yksiköt kirjoitetaan jokaisen arvon perään, jotta MI, MIT ja MIPS voidaan selvästi erottaa toisistaan.

Esimerkki järjestelmien monimutkaisuudesta

Villapaidan tuottamiseksi kuljetaan villaa Australiasta Saksaan. Siihen tarvitaan rahtialus, joka on tehty teräksestä, jota on valmistettu terästehtaassa. Tämä terästehdas on täytynyt rakentaa, mitä varten on otettu käyttöön raaka-aineita, mikä puolestaan on edellyttänyt teräksestä tehtyjä koneita ja laitteita... On ilmeistä, että jokaisesta järjestelmästä voi muodostua hyvin monimutkainen. Siksi on välttämätöntä, että lasketaan vain tarkastelun kohteena olevan tuotteen tai palvelun kannalta olennaisimpia systemin osatekijöitä. Mikä kulloinkin nähdään olennaiseksi, riippuu mm. yksittäisistä ainevirroista, mutta myös tarkastelun tavoitteista ja puitteista; ks. kohta rajauskriteerit.

Rajauskriteerit

MIPS-analyysissä selvitetään tarkasteltavan tuotteen valmistuksen tai käytön vaatima luonnonvarojen kulutus. Tarkastelu on hyvin laaja-alaista, sillä tuotantoketjut voivat olla pitkiä ja haarautuvia. Siksi on tarpeen rajata tuotteen elinkaari muusta teknosfääristä rajauskriteereiden avulla. Tämä tarkoittaa, että erotetaan elinkaaresta sellaiset *prosessiketjut*, joiden merkitys tarkasteltavan tuotteen arvioinnissa on olematon, ja joita ei siksi tarvitse ottaa laskennassa huomioon (kuten rahtilaivan rakentaminen tarkasteltaessa villan kuljettamista laivalla Saksaan, sillä laivaa käytetään niin usein, ettei sen rakentamisesta kohdistu kuljetettua tuotetonna tai -kappaletta kohti mainitsemisen arvoisia ainevirtoja). Rajauskriteerit muodostetaan käytännöllisen ja metodologisen harkinnan perusteella. Pois rajattaviin elinkaaren osiin voivat kuulua esimerkiksi *tuotantovälineet* ja -laitokset tai lisä- ja voiteluaineiden tuotanto. Jos ainevirrat ovat järjestelmässä tai *prosessissa* hyvin pieniä, ne voidaan jättää huomiotta. Rajauskriteereiden avulla määritellään, missä tilanteessa näin voidaan tehdä. Jottei mikään olennainen ainevirta jää huomioimatta, pitää rajauskriteerit miettiä tarkkaan ja niiden toimivuus tarkistaa ainakin summittain.

Järjestelmärajat ja rajauskriteerit on tärkeitä raportoida, jotta on mahdollista tehdä yhtenäisiä vertailuja, joissa on sama tarkastelutarkkuus.

MIPS-laskenta seitsemässä vaiheessa

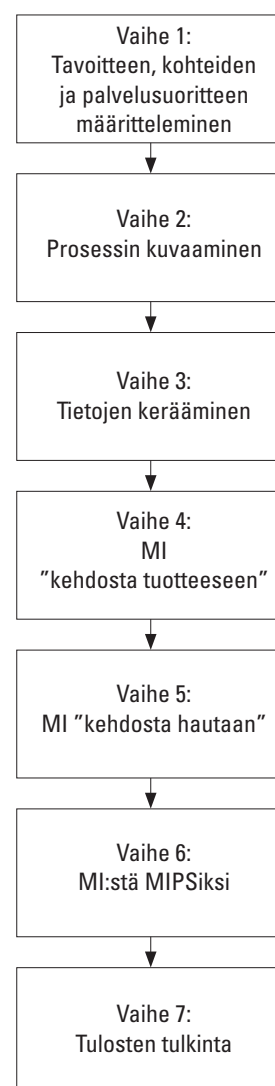
MIPS-laskenta tapahtuu seitsemässä vaiheessa. Vaiheet ovat samat, lasketaanpa MIPS-arvot käsin tai laskentaohjelman avulla.

Laskennan ja analyysin lähtökohtana on tavoitteen ja tarkasteltavien kohteiden sekä palvelusuoritteiden määrittäminen (vaihe 1). Palvelusuorite on perusta erilaisten tuotteiden tai palveluiden vertailulle. Toisessa vaiheessa kuvataan tuotteen elinkaari prosessiketjuna (2), jossa yksittäiset prosessivaiheet ja niiden keskinäiset suhteet näkyvät. Tämä työvaihe helpottaa laskennan jäsentämistä. Seuraavaksi kerätään tiedot jokaisen prosessin panoksista ja tarpeen mukaan myös tuotoksista ja kootaan ne *prosessikuvaukseksi* (3). Tiedot kerätään prosessikohtaisesti *tiedonkeruulomakkeisiin*, jotta yhdenmukainen eteneminen voidaan varmistaa ja tiedonhankinta dokumentoida. Näiden tietojen pohjalta lasketaan materiaalipanos ”kehdesta tuotteeseen” (4) kertomalla kerätty panosten määrätiedot MI-kertoimilla. Lopuksi lasketaan materiaalipanos ”kehdesta hautaan” (5). Tässä tulevat mukaan tiedot tuotteen käyttövaiheesta sekä jätehuollosta. Tällainen jaottelu ja järjestys on mielekäs useasta syystä:

- tuottaja määrää yleensä hyödykkeiden tuotannosta
- käyttäjä voi itsenäisesti vaikuttaa käyttövaiheeseen
- jätehuoltojärjestelmät (kierrätys tai loppukäsittely) voivat vaihdella suuresti, eikä niitä usein vielä tunneta nykyisten uusien tuotteiden osalta
- yleensä analyysissä erotellaan käytännön syistä tuotteen tuotantoa ja sen käyttöä koskevat osat

Tuottaja voi kuitenkin vaikuttaa merkittävästi tuotteen käyttövaiheeseen esimerkiksi päättämällä tietyistä tuoteominaisuuksista (kuten kylmälaitteiden sähkönkulutuksesta).

Kun materiaalipanos kehdesta hautaan on laskettu, voidaan laskea materiaalipanos palvelusuoritetta kohti, MIPS (6). Viimeisenä vaiheena seuraa tulosten tulkinta (7).



Tietokoneohjelmien käyttö

MIPS voidaan laskea kynän ja muutaman paperiarkin avulla, kunhan vain aikaa on riittävästi. On kuitenkin hyödyksi, jos käytettävissä on vähintään taulukkolaskentaohjelma. Elinkaarilaskentaohjelmia eli ohjelmia, jotka on suunniteltu erityisesti elinkaarilaskennan, materiaalivirta-analyyysien ja vastaavien suorittamiseksi, voidaan käyttää myös MIPS-laskennassa. Jotkut näistä ohjelmista auttavat saamaan paremman kokonaiskuvan laskentatehtävästä tai -projektista ja varmistavat yhdenmukaisen tietopohjan. Ne voivat sisältää suuren määrän välttämättömiä tai hyödyllisiä toimintoja. Siten ne ovat usein edellytys analyyysien suorittamiseksi aika- ja kustannustehokkaasti. Kokemuksemme mukaan ohjelman hankkimisen ja opettelemisen vaiva on pieni suhteessa saatuun hyötyyn. Niihin ohjelmiin, jotka on perusteellisesti arvioitu ja jotka mielestämme soveltuvat analyyysien tekoon, kuuluvat

- Gabi®: Valmistajat Institut für Kunststoffprüfung und Kunststoffkunde, IKP ja PE Product Engineering GmbH. Tietoa Gabista® on saatavissa osoitteessa www.gabi-software.com.

- Umberto®: Valmistajat Ifeu, Institut für Energie- und Umweltforschung, Heidelberg, ja Ifu, Institut für Umweltinformatik, Hampuri). Lisätietoa Umbertosta® on saatavissa osoitteesta www.ifeu.de tai www.ifu.de.

Tämä lista ei ole täydellinen. Markkinoilla on myös muita ohjelmia elinkaariarvioiden suorittamiseksi. Jokaisen käyttäjän tulisi tarkistaa niiden käyttökelpoisuus oman tarpeensa mukaan.

MI-/MIT-laskenta MIPS-laskennan sijaan

Kun halutaan laskea vain aineiden, puolivalmisteiden tai muiden tuotantopanosten taikka tuotteiden pelkän tuotantovaiheen materiaalipanos, jätetään näihin liittymättömät osiot laskennassa huomiotta (kuten palvelusuoritteiden määrittäminen sekä vaiheet 5 ja 6).

Mitä on "palvelu"?

Tekstiileihin liittyvä palvelu on esimerkiksi "puhdas pyykki". Tämä palvelu voidaan tuottaa pesukoneella, käsinpesulla tai uudella, innovatiivisella tavalla (esimerkiksi uudet tekstiilit, joihin liittyy uudenlaisia puhdistustapoja).

Välituotteiden palvelut:

Jos haluamme verrata toisiinsa kahta henkilöautoa ja palvelusuuritteksi sovitaan henkilökilometri (hkm), ei ole järkevää suhteuttaa auton yksittäisten osien kuten akun tuotantoa suoraan auton suorittamiin henkilökilometreihin. Tieto materiaali- ja osien osasta akkua kohti (kg/akku) on silti tarpeellinen, jotta henkilöauton koko tuotanto- ja käyttövaihe voitaisiin analysoida ja saatu MI-luku suhteuttaa auton tuottamaan palveluun.

Monimutkaisten lopputuotteiden palvelu:

Henkilöautoa voidaan käyttää esimerkiksi paikallaan seisovana mainosautona, törmäystestiautona, yksityisautona tai taksina. Eri elinkaaren vaiheiden materiaalin- ja palvelukulut vaihtelee palvelusuuritteiden ja käyttötapojen mukaan. Aina paikallaan oleva auto ei kuluta käyttöaikanaan juurikaan luonnonvaroja, taksilla sitä vastoin kuluttaa paljon.

Kertakäyttötavotteiden tuottama palvelu:

Kertakäyttöesineillä on yleensä selkeästi määritelty ja lyhyt käyttövaihe. Myös palvelusuuritteen määrittely on suhteellisen helppoa. Esimerkiksi kertakäyttöisen muovimukin tehtävänä on mahdollistaa juoman juominen yhden kerran. Silloin mukin MIPS-luvulla (x kg/juomakerta) on sama numeroarvo, mutta eri yksikkö kuin mukin MI-luvulla (x kg/muki).

Vaihe 1: Tavoitteen, kohteiden ja palvelusuuritteen määrittelemine

MIPS-laskennan alussa on tehtävä selväksi mihin pyritään. Analyysin ja laskennan tavoite on määriteltävä siinä missä tarkasteltavat kohteetkin. Analysoijan on selvitettävä itselleen, aiotaanko vertailla useampaa tuotetta keskenään, analysoida yksittäistä tuotetta vai optimoida tuotantoa tai tuotteiden käyttöä. Analyysin tavoite ja analyysin kohteet vaikuttavat suuresti määrin järjestelmärajien asettamiseen, mutta myös siihen, millainen on toteuttamiseen tarvittava taloudellinen ja henkilökudjetti. Toisin sanoen kun budjettirajat ovat tiedossa, tulee miettiä, kuinka kattava analyysi on mahdollista toteuttaa.

Useimmissa tapauksissa, ja erityisesti jotta tuotteita voidaan verrata keskenään, on ensimmäisessä vaiheessa määriteltävä mittayksikkö, johon kaikki tiedot viime kädessä suhteutetaan. Tämän mittayksikön nimi on MIPS-tarkastelussa palvelusuurite. Se osoittaa, millaisen hyödyn tarkasteltava tuote tarjoaa. Määriteltävän palvelusuuritteen tulee ohjata tarkastelu myös ei-materiaalisiin tuotevaihtoehtoihin tai palvelulähtöisiin innovaatioihin. Palvelusuuritteen määrittelemine pakottaa myös arvioimaan, miten ja millaisia erilaisia asioita ylipäättään voi vertailla keskenään.

Välivaiheita ja -tuloksia laskettaessa ei yleensä vielä ole järkevää verrata materiaalikulutusta palvelusuuritteeseen vaan esimerkiksi painoyksikköihin. Välituote (tällä tarkoitetaan tavallisesti "puolivalmisteita" eli esimerkiksi teräslevy tai julkisivun osaa) ei tarkkaan ottaen vielä tyydytä tiettyä palvelua, vaan lopputuotteen käyttövaihtoehdot ovat vielä avoinna (teräslevystä voi tulla vaikkapa auton, talon tai leikkikalun osa, tai se voi jäädä kokonaan käyttämättä ja päätyä tuotantojätteenä).

Verrattaessa lopputuotteita vertailuyksikkö on välttämätön, koska jopa "samanlaiset" hyödykkeet voivat tarjota erilaisen palvelun. Esimerkiksi tarkasteltaessa kuljetusvälineitä voidaan käyttää henkilökilometriä (hlö-km) erilaisten kulkuneuvojen palvelusuuritteen vertailuyksikkönä. Tällöin henkilöauto on henkilökilometriä kohden edullisempi kuin esimerkiksi kuorma-auto. (Jälkimmäistä ei tietenkään ole rakennettu henkilöliikennettä varten, mutta osaa pienkuorma-autoista käytetään myös henkilökuljetuksiin.) Jo tarkasteltavana palvelusuuritteena onkin tonnikilometri, silloin kuorma-auto osoittautuu edullisemmaksi (henkilöautoa ei tietenkään ole rakennettu tavarakuljetuksiin, mutta...). Vertailun tulokset ovat aivan erilaiset samoja kohteita verrattaessa.

Yksinkertaista vastausta kysymykseen "onko A parempi kuin B" ei ole olemassa. Vastauksen tulee kuulua: oletusten ja olosuhteiden XY vallitessa on A parempi kuin B, muissa tapauksissa myös B olla parempi. Siksi on erityisen tärkeää, että palvelusuurite ilmoitetaan ja selitetään.

Palvelusuuritetta määriteltäessä on hyvä tarkastella seuraavia sääntöjä:

- Palvelusuuritteen tulisi mahdollistaa useiden erilaisten ratkaisujen keskinäinen vertailu, siksi se tulisi määritellä mahdollisimman yleisellä tasolla.
- Palvelusuuritteen tulisi kuvastaa tuotteen kaikkia merkittäviä käyttötarkoituksia.

Näiden kahden näkökohdan välille on saatava aikaan kompromissi. On hyväksyttävä, ettei molempia kriteereitä voida täysin täyttää samanaikaisesti. Tämä johtuu siitä, että yksinkertainenkin tuote voi tarjota niin monimuotoisesti hyötyä, ettei sitä ole helppo kuvata, sekä siitä, että saman tarpeen tyydyttämiseen on monenlaisia ja toisistaan paljon poikkeavia ratkaisuja, jotka eivät ole kaikissa käyttötarkoituksissa rinnastettavissa.

Kaikki vertailut täytyykin rajoittaa keskeisimpiin tuoteominaisuuksiin ja tuotteen käyttötapoihin. Muut näkökohdat (esimerkiksi esteettisyys, käyttömu-

kavuus, ergonomisuus, henkilökohtaiset mieltymykset) ovat tärkeitä ja ne on huomioitava ennen päätösten tekoa. Ne eivät kuitenkaan voi olla rajatun ympäristöarvioinnin perustana.

Vertailujen suorittaminen suuntaa huomion tuotteiden vahvuuksiin ja heikkouksiin, jolloin huomataan selvemmin tuotteiden välttämättömiä ja ehkä myös vähemmän tärkeitä ominaisuuksia. Tämä paitsi auttaa päätöksenteossa, myös opettaa tuntemaan paremmin tarkasteltavana olevia tuotteita ja havaitsemaan uusia vaihtoehtoja tuottaa sama palvelu.

Tehtävä voi olla paljon helpompi, kun tarkastellaan standardisoituja tuotteita (kuten vierintälaakerit, ruuvit tai materiaalit). Tällaisille normitetuille tuotteille asetetaan usein hyvin yksityiskohtaisia vaatimuksia. Jos esimerkiksi rakentamisessa otetaan huomioon vain nämä ominaisuudet, ei standardin vaatimustason ”ylittymistä” voi laskea lisähyödyksi.

Palvelusuoritteen määrittelemättä jättäminen on mahdollista vain tiettyjen ehtojen vallitessa:

- jos laskenta tehdään välituotteelle vailla palvelusuoritetta (esim. materiaallille tai puolivalmisteelle)
- jos halutaan ”vain” optimoida tuotantoketju (esim. sementin tuotanto), eikä ole tarkoitus verrata keskenään tuotteita
- jos verrattavat tuotteet tarjoavat saman palvelusuoritteen (esim. kaksi kertakäyttömukia).

1. vaiheen tulokset

Tämän vaiheen tuloksena on määritelty tarkastelun tavoitteet ja kohde tai kohde, esimerkiksi valkoisen T-paidan elinkaaren aikaisen luonnonvarojen kuluksen selvittäminen ja elinkaaren merkittävimpien vaiheiden määrittely. Lisäksi on päätetty, mikä on tarkasteltava palvelusuorite – esimerkiksi valkoisen T-paidan käyttäminen yhden käyttökierron ajan. Käyttökierto käsittää esimerkiksi kaksi käyttöpäivää ja pesemisen ja silittämisen tämän jälkeen.

Tuotevertailut voivat antaa täysin erilaisia tuloksia sen mukaan, mil-laisessa käytössä tuotteiden oletetaan olevan. Kahdesta samanlaisesta tuotteesta toinen voi saada alhaisella käyttöintensiteetillä (esimerkiksi esittelyauto) korkean MIPS-arvon ja toinen korkealla käyttöintensiteetillä (esimerkiksi taksi) alhaisen MIPS-arvon. Myös päinvastoin voi käydä. Esimerkiksi usein kuumassa lämpötilassa pestyn ja rumpukuivatun vaateen MIPS-arvo käyttöpäivää kohden on korkeampi kuin harvemmin ja matalammassa lämpötilassa pestyn ja narulla kuivatun vaateen.

Valmiskeittiön palvelu voidaan määritellä esimerkiksi näin: Saksalaisen teollisuusstandardin DIN 18022 mukaisen keittiön säilytystilojen tilavuus on 2061 litraa. Kokopuukeittiön käyttöikäksi arvioitiin 50 vuotta ja lastulevykeit-tiön 20 vuotta. Palvelusuoritteeksi voidaan määritellä yksi säilytys-tilalitra vuotta kohti. Kaikkiaan keittiö tarjoaa ainakin seuraavan-laisia palveluita:

- säilytys ja varastointi
- ruuan valmistus
- keittäminen, paistaminen, lei-pominen ja lämmittäminen
- tarjoilu
- syöminen
- siivoaminen ja peseminen
- jätahuolto

Yksinkertaistaminen on vält-tämätöntä, koska nämä kaikki huomioon ottavan palvelusuorit-teen määrittely olisi äärimmäisen monimutkaista, ellei mahdotonta.

Käytännön esimerkkejä

Vaatteiden palvelusuorite...

Vaatteiden pienimmäksi yhteiseksi nimittäjäksi voidaan määritellä palvelu ”olla tietty aika pukeutuneena”. Tämä ”pukeutuneena oleminen” ei merkitse ainoastaan vaatteiden tarjoamaa ”suojaa”, vaan myös ”hyvää oloa” ja ”itseilmaisua”. Palvelun vertailuyksiköksi eli palvelusuoritteeksi voidaan valita ”henkilövuosi”. Tämän pohjalta voidaan laskea ja vertailla henkilöiden vaatetustarvetta.

Jos halutaankin suorittaa tuotevertailuja, voisi vaatteiden kohdalla ”klassinen” kysymys olla esimerkiksi

”kuluttavatko luonnonkuiduista valmistetut tekstiilit vähemmän luonnonvaroja kuin keinokuitutuotteet” tai ”onko puuvillapaidan koko elinkaaren aikainen materiaalipanoks pienempi kuin villapaidan”. Tällaisessa vertailussa MIPS kertoisi tuotteen materiaalipanoksen tiettyä käyttöaikaa, esimerkiksi yhtä vuotta kohden, ja palvelusuorite olisi ”paitavuosi”.

... ja tulostimien painomustepatruunoiden palvelusuorite

Tässä voidaan määritellä pienimmäksi ja käyttökelpoisimmaksi

nimittäjäksi ”kirjoittaa tekstiä tai piirtää kuvia tietty määrä”. Eri painomustepatruunat sisältävät eri määrän mustetta ja niillä on erilaisia käyttötapoja, mutta ne ovat tulostettujen samanlaisten A4-sivujen määrän avulla helposti vertailtavissa. Koska painomustepatruunoihin ei yleensä liity esteettisiä tai muita vaatimuksia, on palvelusuoritteen määrittäminen melko helppoa. Ja ellei usko valmistajan antamia tietoja patruunan tulostustehosta, asian voi suhteellisen helposti itse tarkistaa.

Vaihe 2: Prosessin kuvaaminen

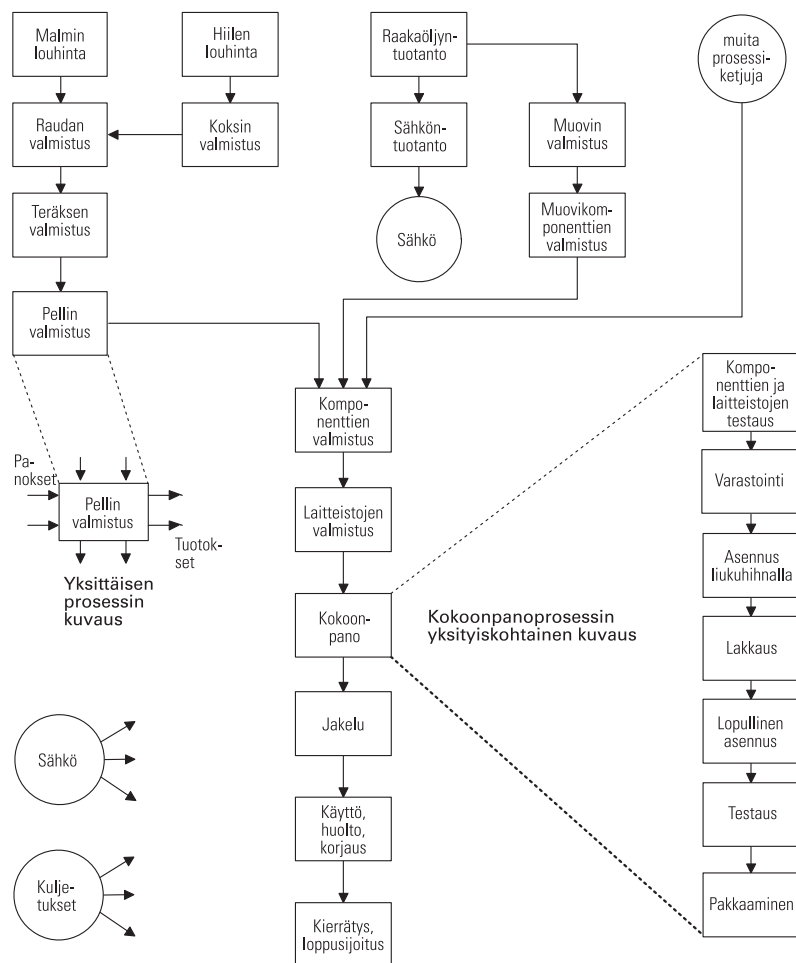
Laskennan jäsentämiseksi tarkasteltavan tuotteen tai palvelun elinkaaren vaiheet kuvataan kaavioon. Parhaassa tapauksessa pystytään kuvaamaan kaikki tarkasteltavan tuotteen tuottamisen, käytön ja hävittämisen kannalta välttämättömät prosessit. Tämä auttaa saamaan kokonaiskuvan prosesseista ja havaitsemaan mahdolliset puutteet tiedoissa. Yksittäisten vaiheiden tarkemmat kuvaukset kannattaa sisällyttää prosessikaavioon jollakin soveltuvalla esitystavalla. Näin voidaan kokonaisuuden rinnalla samanaikaisesti tarkastella keskeisiä prosessin vaiheita yksityiskohtaisemmin.

Ennen kuin käytettyjen panosten tuotantoa ryhdytään kuvaamaan, kannattaa tarkistaa, ettei niiden materiaali-intensiteettiä (MI-kerrointa) ole jo laskettu valmiiksi. Yksityiskohtainen tarkastelu on järkevää vain silloin, kun kertoimia ei ole valmiina tai kun ne eivät ole käyttökelpoisia sellaisenaan.

Tiedonkeruulomakkeet sekä muita apuvälineitä saksaksi ja englanniksi osoitteessa:
www.mips-online.info
 Suomenkieliset lomakkeet osoitteessa: www.mips-online.fi

2. vaiheen tulos

Tämän vaiheen tulos on prosessiketju tai prosessiketjujen muodostama systemi, joka osoittaa tuotteen tai palvelun tuottamiseen ja käyttämisen tarvittavat prosessit sekä niitä edeltävät työvaiheet.



Vaihe 3: Tietojen kerääminen

Kolmannessa vaiheessa kerätään tarpeelliset tiedot erilaisten panosten kulutuksesta prosessin jokaisessa vaiheessa. Kaikista tiedoista tulee käydä ilmi lähde, kyseessä oleva vuosi, lisähuomautukset, tarkat määrät, käytetyt yksiköt jne. Tässä on suositeltavaa käyttää yhtenäisiä tiedonkeruulomakkeita, ellei käytössä ole aikaisemmin mainittuja tietokoneohjelmia.

Tietojen keruu (ja niiden vahvistaminen) on MIPS-analyysissä tärkeä ja usein vaivalloisin vaihe.

Tietojen lähteinä voivat olla

- suorat mittaukset: antavat yksityiskohtaista tietoa ja (useimmiten) luotettavia tuloksia,
- haastattelut: asiantuntijoiden haastattelut ja heidän tekemänsä arviot tarjoavat arvokasta ensikäden tietoa,
- kirjallisuuslähteet: ovat usein ainoa keino saada tietoa tarkasteltavan yrityksen ulkopuolisista tapahtumista. Tällöin voidaan käyttää ammatikirjallisuutta ja toimialakohtaisten aikakausjulkaisujen tai käsikirjojen artikkeleita. Tietopankeista voi olla paljon apua kirjallisuutta etsiessä.

Usein tietoihin jää kaikista käytetyistä lähteistä huolimatta vielä aukkoja, jolloin on välttämätöntä käyttää mahdollisimman luotettavia arvioita. Arvioiden tekeminen edellyttää ammatillista erityistietoutta vastaavista prosesseista. Myös teoreettiset laskelmat voivat olla tärkeä tiedonlähde erityisesti prosessiteollisuudessa. Ratkaisevaa on, että lähteet ilmoitetaan selkeästi, erityisesti silloin, kun päädytään tekemään arvioita.

Aukot tiedoissa täytetään mahdollisimman luotettavilla arvioilla.

Arvioitaessa omaa tuotetta arvioita ei saa tehdä epärealistisesti ainoastaan suotuisimpien oletusten mukaan. Erityisesti silloin kun verrataan tuotetta kilpailijoiden tuotteisiin (tai *keskiverto tuotteisiin*), tulisi näille ensimmäisessä vaiheessa tehdä *minimiarviointi* ja omalle tuotteelle puolestaan *maksimiarviointi*. Jos tällaisenkin vertailun jälkeen oma tuote osoittautuu muita paremmaksi, voi olla varma, että näin käy myös yksityiskohtaisemmassa tarkastelussa. Yksityiskohtaisemmassa tarkastelussa on käytettävä puuttuvista tiedoista sekä minimi- että maksimiarvioita, jotta tulosten koko vaihteluväli saadaan selville.

On hyödyllistä, jos käytössä on useita tietolähteitä. Vaikka omia mittaus-tuloksia olisikin käytettävissä, voivat kirjallisuuslähteet tai oma ammattitietous olla hyödyllisiä, mielekkäitä tai jopa välttämättömiä tulosten uskottavuutta testattaessa. Milloinkaan ei voida sulkea pois sitä mahdollisuutta, että tietojen keruussa tehdään laskenta- tai mittausvirheitä tai ettei olekaan kerätty kaikkia tarpeellisia tietoja, joten ainakin erityisen hyvät ja huonot tulokset tulisi vielä tarkistaa.

Huomaa: Jos kerätyt tiedot poikkeavat merkittävästi kirjallisuuslähteissä esitetystä, on selvítettävä, miksi näin on, ja pystyttävä selittämään erot.

Itse kerätyt ja valmiiksi käytettävissä olevat tiedot ovat yleensä hyvin heterogeenisiä. Pääsääntöisesti erotetaan toisistaan yleis- ja erityistiedot. *Yleistiedot* kuvaavat keskivertoarvoja tietyllä sektorilla tai kansallisesti tai koskevat *tuoteluokkaa* (esimerkiksi valkoinen T-paita kokoa L). *Erityistiedot* kuvaavat sitä vastoin vain tarkasteltavaa tuotetta tietyjen ehtojen vallitessa.

Periaatteessa jokainen yksittäinen tulos on tarkistettava; myös ”odotetut” tulokset voivat sisältää virheitä.

Jos tulokset poikkeavat kirjallisuudessa esitetystä tiedoista, on ero pystyttävä selittämään.

On myös tärkeää kiinnittää huomio tietojen *pätevyyssalueeseen*. Ei esimerkiksi voida olettaa, että tietyn tuotantoprosessin käyttämä sähkö tuotettaisiin samalla tavalla vaikkapa Etelä-Amerikassa kuin Suomessa. Paikallisen sähkön-tuotantojärjestelmän luonnonvarojen kulutus on siis selvítettävä erikseen, eikä voida käyttää valmiita laskelmia sähköntuotannon vaatimast materiaalienoksesta Suomessa.

Selvitettävien tietojen on perustuttava myös samanlaiseen ajanjaksoon

(ajankohta ja kesto), jotta vuodenajoista johtuvat vaihtelut tai muuttuvien olosuhteiden vaikutus voitaisiin sulkea tarkastelun ulkopuolelle (esimerkiksi käyttämällä useamman vuoden keskiarvoa). Esimerkiksi maataloustuotteiden tuotannon tai lämmitysenergian kulutuksen kohdalla saattaa olla tarpeellista käyttää laskennassa useampien vuosien keskiarvolukua. Vertailtaessa uusia tuotteita ja tuotantoprosesseja ei tietoa pidemmältä aikaväliltä aina ole käytettävissä. Silloin on tyydyttävä yhden vuoden ajalta oleviin tietoihin, ja tiedonkeruulomakkeissa raportoidaan pätevyysalueen raja. Lämpimänä talvena tehokas lämmöneristys ei ole yhtä kannattava sijoitus kuin kylmänä talvena.

Laskennassa käytettävien tietojen laatu vaikuttaa ratkaisevasti laskennan tulosten laatuun. Koottaessa tietoja on otettava huomioon seuraavat säännöt:

- Ainevirrat ilmoitetaan tarkoituksenmukaisissa painoyksiköissä (kg, t jne.)
- Kirjattaessa numeerisia arvoja mainitaan sekaannusten välttämiseksi aina myös yksiköt. Kvantitatiivisten tietojen esittäminen ilman yksikkömääreitä on aina virhe.
- Suoraan luonnosta otetut raaka-aineet, jotka jaetaan viiteen edellä mainittuun luokkaan, luetteloidaan panoksiksi. Niillä ei ole aikaisempia tuotantoketjuja, ja ne esiintyvät siksi yleensä vain prosessiketjun alussa (poikkeuksena polttoilma ja osittain vesi). Panoksiksi luetteloidaan myös ei-primääriset panokset: materiaalit, energialähteet, välituotteet, esimerkiksi sähkö ja kuljetukset, *infrastruktuuuri* sekä apu- ja työstömateriaalit. Ei-primäärisillä panoksilla on aina edeltäviä tuotantovaiheita. Jos niiden MI-kerroin on tiedossa, kirjataan tässä vaiheessa panoksen käyttömäärä ja laskentaa jatketaan myöhemmin MI-kertoimen avulla. Jos MI-kerrointa ei ole valmiina käytettävissä, täytyy panoksen vaatima neitseellisten luonnonvarojen (primääristen panosten) kulutus laskea itse.
- Massatuotannossa *tuotantorakennusten* rakentamisen edellyttämä materiaali-panos suhteessa valmistettujen tuotteiden materiaali-panokseen on yleensä erittäin pieni. Lisäksi tuotantotilojen materiaali-koostumuksen selvittäminen voi olla työlästä. Näistä syistä tuotantotilojen osuus jätetään usein laskennan ulkopuolelle. Sitä kannattaa kuitenkin arvioida, jos on syytä epäillä, että sillä on merkitystä. Myös esimerkiksi kuljetusten infrastruktuurin (kuten tieverkoston) materiaalinkulutus on yleensä merkittävä suhteessa suoritteiden määrään. Tällaisissa tapauksissa rakenteiden sisällyttäminen MI-tarkasteluun on tarpeen. Kuljetusten vaatima infrastruktuuuri on laskettu mukaan eri kuljetusmuotojen MI-kertoimiin.
- Tuotoksiksi luetteloidaan kaikki tuotetut *pää- ja sivutuotteet* sekä jätteet, jätevedet ja poistokaasut ja niiden sisältämät päästöt.
- Kaikkia panoksia ja tuotoksia ei tarvitse kirjata. Tietojen tarve määräytyy järjestelmärajoiden ja rajauskriteerien mukaan. Jätteet, jätevedet, poistoilma ja päästöt otetaan MIPS-tarkastelussa huomioon vain silloin, kun niihin kohdistuu jatkotoimenpiteitä (esimerkiksi jätteiden käsittelylaitoksessa tai poistoilman puhdistuslaitoksessa), jotka vaativat uusia materiaali-panoksia.
- Jokaisen materiaalin, energiamuodon, välituotteen ja muun panoksen tietojen lähteet on kirjoitettava muistiin.
- Erityiset huomautukset on hyvä kirjata (esimerkiksi käytettyihin tietoihin tai lähteisiin liittyvät selitykset).

”Klassisia” virhelähteitä:

- Kvantitatiivisten tietojen esittäminen ilman yksikkömääreitä on virhe ja johtaa helposti sekaannuksiin!
- Vain keskenään vertailukelpoisia voidaan verrata!
- Yksiköiden muuntaminen vaatii tarkkuutta!

Käytettyjen tietojen laatu vaikuttaa ratkaisevasti laskennan tulosten laatuun.

Tietojen kokoamisen päätteeksi on hyödyllistä tarkastaa, kuinka monesta prosessiketjun *materiaalivirrasta* voidaan saada dokumentoitua tietoa.

SI-yksiköiden (Système International d'Unités) käyttö

Muutettaessa yksiköitä toisiksi on alkuperäiset tiedot aina kirjattava muistiin. Samalla on tärkeätä varmistaa, että alkuperäiset yksikkömäärät tulkitaan oikein. Tonni ei välttämättä paina aina 1000 kg, vaan kyseessä voi olla myös ”amerikantonni” (U.S. short ton, 907,185 kg) tai ”brittiläinen tonni” (long ton, 1016 kg). Jos joutuu yhdistämään eri yksikkömääreitä eikä ole varma joidenkin lukujen alkuperästä, ne on aina tarkistettava. On myös hyödyllistä pitää mielessä, että esimerkiksi miljardi on englanniksi ”billion”.

3. vaiheen tulos

Tämän vaiheen aikana on muodostunut kokonaiskuva yksittäisten tuotteiden ja niihin perustuvien palveluiden tuotantoprosessien materiaali- ja energiapanoksista sekä tuotoksista. Samalla kerätyn aineiston soveltuvuus on ensimmäisen kerran tarkistettu. Aukot aineistossa on tunnistettu ja täydennetty (vähintäänkin arvioilla).

Tietojen kerääminen ja kirjaaminen tiedonkeruulomakkeisiin

Aineiston keruuta ja kirjaamista varten voidaan käyttää tiedonkeruulomakkeita. Lomakepohjia on saatavilla englanniksi ja saksaksi Wuppertal-instituutin kotisivuilta (www.mips-online.info) ja suomeksi SLL:n sivuilta (www.mips-online.fi). Tiedonkeruulomakkeeseen kerätään tuotteen kaikki materiaali- ja energiapanokset sekä olennaiset tuotokset. Muut tiedot, kuten esimerkiksi tarvittavan maapinta-alan suuruus, voidaan kirjata muistiin, vaikkei niitä tarvita MIPS-laskennassa.

Tiedonkeruulomake jakaantuu panos- ja tuotososioon. Kerättävien tietojen jäsentämiseksi jaetaan yksittäiset panokset ja tuotokset edelleen vielä erillisiin luokkiin. Panosten luokat ovat:

- ▶ luonnosta otetut panokset (eli otot luonnollisista esiintymistä eli primääriset panokset)
 - ▶ abioottiset raaka-aineet
 - ▶ bioottiset raaka-aineet
 - ▶ maa- ja metsätaloudessa siirretty maaperä
 - ▶ vesi
 - ▶ ilma
- ▶ esikäsitelty, työstetty panokset (eli ei-primääriset panokset):
 - ▶ valmistetut raaka-aineet
 - ▶ energialähteet
 - ▶ välituotteet
 - ▶ ”painottomat panokset” (kuten sähkö ja kuljetukset)
 - ▶ vesijohtovesi
 - ▶ infrastruktuuri
- ▶ apu- ja työstöaineet ja materiaalit

Huomautus: Jatkojalostusprosesseissa kirjaetaan yleensä enää harvoin tietoja abioottisten ja bioottisten raaka-aineiden tai siirretyn maaperän luokkiin, sillä niissä hyödynnetään pääosin jo käsiteltyjä materiaaleja ja välituotteita.

Luonnosta otetut panokset

Abioottiset raaka-aineet

- ▶ Kaikki välittömästi luonnosta otettavat, ei vielä työstetyt abioottiset raaka-aineet, esimerkiksi kaivoksesta otettava malmi ja muut aiemmin työstämättömät kaivannaiset

Bioottiset raaka-aineet

- ▶ Kaikki viljelty ja viljelemättömät kasvikunnan raaka-aineet, samoin kuin kaikki luonnosta saatavat eläinperäiset aineet (hyöty- ja kotieläimet lasketaan niiden käyttämien panosten mukaisesti).

Siirretty maaperä

- ▶ Kaikki maa- ja metsätaloudessa siirretty maaperä eli kynnetyt pintamaa (aktiivinen maaperän siirtäminen) ja eroosio (passi-

vinen maaperän siirtyminen). Koska tällä hetkellä ei ole tarjolla riittävästi luotettavia ja vahvistettuja arvoja aktiivisesti siirretyn maaperän suuruusluokasta, sisältävät valmiissa MI-kertoimissa ilmoitetut maaperäluvut vain eroosion. Muu kuin maa- ja metsätaloudessa siirretty maaperä lasketaan abioottiseksi panokseksi.

Vesi

- ▶ Kaikki luonnosta välittömästi otettu vesi. Tässä erotetaan toisistaan käyttötavan mukaan prosessi- ja jäähdytysvesi. Lisäksi erotetaan toisistaan vedenottotavan perusteella pintavesi, pohjavesi ja syväpohjavesi (vesijohdosta otettu vesi on käsiteltyä ja lasketaan siksi välituotteeksi).

Ilma

- ▶ Kaikki välittömästi käytettävä ilma, jos sen koostumusta muutetaan kemiallisesti tai fysikaalisesti (fysikaalisissa muutoksissa vain aggregaattitilan muutos, ei siis esimerkiksi paineilma).

Esikäsitelty, työstetty panokset

Valmistetut raaka-aineet

- ▶ Aineet, joita käytetään tarkasteltavassa prosessissa ja jotka on täytynyt tuottaa edeltävissä prosesseissa (esimerkiksi teräs, PVC-muovi, lasi, kemikaalit).

Energialähteet

- ▶ Termiset ja ei-termiset energialähteet (esimerkiksi polttopuu, öljy, maakaasu tai hiili).

Välituotteet

- ▶ Puolivalmisteet, osat, elementit jne., joita käytetään tarkasteltavassa prosessissa ja jotka on täytynyt tuottaa edeltävissä prosesseissa.

”Painottomat panokset” ja vesijohtovesi, joille on laskettu yleiset valmiit MI-kertoimet

- ▶ Joillekin tärkeille ja toistuvasti esiintyville panoksille (kuten sähkö, kuljetukset, vesijohtovesi) voidaan laskea tai on jo laskettu valmiit MI-kertoimet. Näitä lukuja voidaan usein käyttää helpottamaan laskentaa.

Infrastruktuuri

- ▶ Kaikki välineet ja kiinteistöt, joita prosessi vaatii, mutta joita ei ”kuluteta” prosessissa (esimerkiksi tuotantolaitokset ja -laitteet)

Apu- ja työstöaineet ja -materiaalit

- ▶ *Apuaineet*: aineet, joita käytetään prosessissa, mutta jotka täyttävät vain aputehtävän (kuten liuottimet tai katalyytit).
- ▶ *Työstöaineet ja -materiaalit*: aineet ja materiaalit, joita tarvitaan työstöprosessissa, mutta jotka eivät sisälly osaksi tuotetta (kuten voiteluaineet, teollisuuspyyhkeet).

Muut

- ▶ Kaikki panokset, joita ei voida luetteloida muualle.

Tuotokset

Tuotokset jaetaan seuraaviin luokkiin: päätuotteet, sivutuotteet, jätteet, jätevesi, poistoilma ja päästöt.

Jätevesi ja poistoilma täytyy ottaa huomioon vain, jos ne edellyttävät jatkokäsittelyä (kuten jätteenkäsittelyä, suodatusta tai puhdistuslaitosta), jotka kuluttavat muita luonnonvaroja. Päästöt voidaan kirjata ylös, mutta näin ei ole pakko tehdä.

Tuotteen käytöstä poistosta syntyvän jätteen vaatiman jätehuolto-prosessin materiaallipanos voidaan laskea tuotteen valmistuksen MI-arvon lisäksi. Jätteen painolle ei enää erikseen lasketa MI-arvoa, koska jätteen sisältämä materiaali sisältyy jo tuotteen MI-arvoon. Jos jäte kierrätetään raaka-aineeksi, kaiken kierrätysprosessin vaatiman jatkokäsittelyn ja -jalostuksen (sisältäen keräyksen, kuljetuksen jne.) materiaalipanos allokoidaan uusiotuotteelle (edelleen ilman jättemateriaalin painoa).

Päästöjen suhteen menetellään vastaavalla tavalla. Kun puhdistetaan esimerkiksi savukaa-suja tai jätevesiä, puhdistuksen materiaalipanos lasketaan osaksi prosessin (kuten polttoaineen polttamisen) tai tuotteen MI-lukua. Jos puhdistusprosessin tuottama materiaali hyödynnetään, lasketaan prosessin materiaalipanoset uusiotuotteen, ei puhdistusjätettä tuottaneen prosessin materiaalipanoiksi. Jos kuitenkin kyse on lain edellyttämästä puhdistusprosessista, voi olla järkevää allokoida prosessin materiaalipanoset sille tuotteelle, jonka päästöjä puhdistetaan. Tällöin savukaasunpuhdistuksen tai jäteveden viemäröinnin päätarkoitus on lain noudattaminen, ja uusiotuotteessa käytetään hyväksi prosessista joka tapauksessa muodostuvaa materiaalia.

Päätuotteet

- ▶ Kaikki tuotteet, joiden valmistamiseksi prosessi etupäässä on käynnissä.

Sivutuotteet

- ▶ Kaikki muut taloudellisesti käyttökelpoiset tuotteet, joita ei kuitenkaan ensisijaisesti pyritä tuottamaan.

Jätteet

- ▶ Kaikki aineet, joita ei voi hyödyntää taloudellisesti. Jätteet luokitellaan sen mukaan, voiko ne kierrättää vai ohjataanko ne loppukäsittelyyn.

Jätevesi

- ▶ Kaikki viemäri- tai jätevedenpuhdistusjärjestelmään johdettu vesi.

Poistoilma

- ▶ Kaikki kiinteitä, nestemäisiä tai kaasumaisia päästöjä sisältävät kaasut

Muut päästöt

- ▶ Kaikki muu tuotantolaitoksen tai prosessin aiheuttama maan, ilman tai veden kuormitus.

Prosessin nimi

Kuvattava kohde
yksiköineen

Tiedonkeruulomake:

Tiedot koskevat:

Panokset	Yksikkö	Määrä	Lähde	Vuosi	Referenssi- alue	Referenssi- vuosi	Lisätiedot/ selitykset
Luonnosta otetut							
A	Abioottiset raaka-aineet						
AA	raaka-aineina käytetyt mineraalit						
AB	energialähteet						
AC	ei hyödynnettävissä olevat kaivannaiset						
AD	siirretty maa-aines						
B	Bioottiset raaka-aineet						
BA	viljelty kasvukunnan biomassassa						
BB	biomassa viljelemättömiltä alueilta						
BC	luonnosta pyydettyjen eläinten biomassassa						
C	Maa- ja metsätaloudessa siirretty maaperä						
CA	aktiivinen: esimerkiksi kynnetty maaperä						
CB	passiivinen: esimerkiksi eroosio						
D	Vesi						
DA	prosessivesi						
DAA	pintavesi						
DAB	pohjavesi						
DAC	porakaivovesi						
DB	jäähdytysvesi						
DBA	pintavesi						
DBB	pohjavesi						
DBC	porakaivovesi						
E	Ilma						
EA	polttoprosessissa						
EB	kemiallisesti muutettu						
EC	fysikaalisesti muutettu						
ED	muu käytetty ilma						
Esikäsittellyt, työstetyt panokset							
F	Valmistetut raaka-aineet						
G	Energialähteet						
GA	energialähde (terminen konversio)						
GB	energialähde (ei-terminen konversio)						
H	Väli tuotteet						
I	"Painottomat panokset" ja vesijohtovesi						
IA	sähkö						
IB	kuljetukset						
IC	vesijohtovesi						
J	Infrastruktuuri						
JA	tuotantolaitokset						
JB	tuotantolaitteet						
K	Apu- ja työstöaineet						
KA	apuaaineet						
KB	työstöaineet						
L	Muut						

Kaikki suorat otot
luonnosta (luonnosta
otetut panokset, sis.
veden) luetellaan
kohdissa A:sta E:hen.

Kaikki esikäsittellyt,
työstetyt panokset
luetellaan kohdissa F:stä
L:ään (aineet, tuotteet,
muut panokset)

*Jätteet, jätevesi,
poistoilma ja päästöt
kohtiin O:sta R:ään*

Päätuotteet luetellaan
kohtaan M ja sivutuotteet
kohtaan N

[illegible]

Vaihe 4: Materiaalipanoksen laskenta "kehdesta tuotteeseen"

Neljännessä vaiheessa lasketaan valmiin tuotteen materiaalipanos. Laskenta etenee samaan tapaan myös silloin, kun ei tarkastella lopputuotetta, vaan lasketaan esimerkiksi tietyin ainein, puolivalmisteen tai muun panoksen MI-arvo.

Laskennan pohjana käytetään kolmosvaiheessa koottuja määrätietoja luonnonvarojen kulutuksesta. Kunkin yksittäisen panoksen vaatima materiaalipanos (MI) lasketaan kertomalla kyseisen panoksen määrä sen materiaali-intensiteetillä (MIT). Materiaali-intensiteetin ilmaisevia, valmiiksi laskettuja energialähteiden sekä valmistettujen raaka-aineiden MI-kertoimia kannattaa käyttää, jos niitä on olemassa (ks. johdanto).

Kun yksittäisten panosten vaatimat materiaalipanokset lasketaan yhteen kunkin osaprosessin osalta, saadaan kunkin välituotteen materiaalipanos. Tässä vaiheessa tietojen yhteenlaskenta tapahtuu vain yksittäisten luokkien (kuten abioottiset raaka-aineet) sisällä. Välituotteille ei voi määritellä palvelusuoritetta, joten niiden osalta ei ole mahdollista laskea MIPS-arvoa.

Välituotteiden materiaali-intensiteetti ilmoitetaan yleensä luonnonvarojen kulutuksen kiloina yhtä välituotekiloa kohden. Poikkeuksen muodostavat "painottomat panokset" kuten sähkö, lämpö ja kuljetukset. Sähkön ja lämmön materiaali-intensiteetti ilmaistaan kiloina kilowattituntia kohden. Kuljetusten materiaalipanos selviää laskemalla kuljetussuorite tonnikilometreinä ja kertomalla tämä luku kuljetusmuodon eri MI-luokkien MI-kertoimilla. Jos tuotteen valmistaminen vaatii merkittävästi henkilö- tai pakettiautokuljetuksia, kerrotaan tuotetta kohden lasketut kuljetussuoritteet *ajoneuvokilometreinä* ajoneuvokilometrien MI-kertoimilla.

Lopuksi eri välituotteiden materiaalipanokset lasketaan yhteen, jolloin saadaan tietää lopputuotteen materiaalipanos (joka ilmaistaan kiloina yhtä lopputuotetta kohden). Eri osaprosessien ja –panosten luettelointi lopputuotteen materiaalipanoksen yhteenlaskua varten osoittaa samalla, mitkä osaprosessit ja –panokset ovat merkittävimpiä lopputuotteen MI-arvon muodostumisen kannalta.

Laskennan tuloksiin vaikuttaa merkittävästi, miten prosessin vaatima materiaalipanos jaetaan pää- ja sivutuotteiden kesken. Päätuotteiksi lukeutuvat kaikki ne tuotteet, joita varten prosessi ensisijaisesti on käynnissä. Yleensä prosessin materiaalipanos suhteutetaan päätuotteeseen tai jaetaan eri päätuotteiden kesken niiden paino-osuuksien perusteella. Sivutuotteet ovat tuotteita, jotka ovat myös markkinakelpoisia, mutta joita varten prosessi ei lähtökohtaisesti ole käynnissä joko niiden liian alhaisen markkinahinnan vuoksi tai siksi että niistä kertyy ylijäämää. Niiden osaksi ei lasketa prosessin materiaalipanosta, vaan niiden materiaalipanokseksi lasketaan vain jatkotyöstämisen mahdollisesti vaatimat lisäpanokset. Tämä luokittelu voi kuitenkin tapauksen ja esimerkiksi markkinatilanteen mukaan vaihdella. Siksi pää- ja sivutuotteiden rajaaminen on MIPS-analyysissä hyvin keskeistä, ja se tulisi ottaa huomioon jo systeemin rajoista päätettäessä (vrt. vaihe 2).

Materiaalipanos = panosmäärä x
materiaali-intensiteetti

MI = määrä x MIT

yksiköissä:

kg = kg x kg/kg

tai

kg = kWh x kg/kWh

tai

kg = tkm x kg/tkm

tai

kg = auto-km x kg/auto-km jne.

Eri MI-luokkia ei lasketa yhteen,
vaan ne ilmoitetaan erikseen.

Materiaalipanoksen yksikkö on kg.

Materiaali-intensiteetin yksikkö
on kg/määräyksikkö, esimerkiksi
kg/kg, kg/kWh.

Esimerkki:

Jos sähköntuotannossa syntyvä lämpö johdetaan hukkaan, se on päästö, mutta jos se ryhdytään johtamaan kaukolämpöverkkoon, se on sivutuote (jonka käyttö edellyttää lisäpanoksia kuten kaukolämpöverkon rakentamista ja ylläpitoa). Jos kuitenkin rakennetaan yhteistuotantolaitos, jonka tarkoituksena on alunperin sekä sähkön että lämmön tuotanto, niin silloin sekä sähkö että lämpö ovat päätuotteita.

4. vaiheen tulos

Tuotteiden tuotantovaiheen vaatima materiaaliainos on laskettu. Esimerkiksi T-paidalle se voi tarkoittaa seuraavanlaista luonnonvarojen kulutusta:

- abioottiset luonnonvarat 2,0 kg
- bioottiset luonnonvarat 1,2 kg
- vesi 1480,0 kg
- ilma 12,5 kg
- eroosio 223,0 kg

(tähän sisältyy 2,83 kWh sähköä)

Yksinkertaisuuden vuoksi joskus esitetään kaikkien MI-luokkien sijaan yhteenlaskettu abioottisten ja bioottisten luonnonvarojen kulutus. Siihen lasketaan yhteen raaka-aineen tai tuotteen tuottamiseksi tarvittavat bioottiset ja abioottiset materiaalit, mutta ei ilmaa, vettä eikä eroosiota. Jos yhteenlaskettu luku sisältää myös eroosion, sitä kutsutaan *TMR*:ksi (total material requirement, luonnonvarojen kokonaiskäyttö), jolloin se vastaa sisältämiltään luonnonvaraluokilta kansantalouden materiaaivirtalaskennassa käytettyä *TMR*-tunnuslukua.

T-paidan ”ekologinen *TMR*-selkäreppu”, johon lasketaan myös eroosio, on tässä tapauksessa seuraava:

= MI (ilman vettä ja ilmaa) - (miinus) tuotteen oma paino

= 226,2 kg - 0,17 kg

= 226,03 kg

Joskus ekologinen selkäreppu ilmoitetaan myös ilman eroosiota.

T-paidan edellyttämä sähkönkulutus:

T-paidan tuotannossa kuluu lähes 3 kWh sähköä. Sähkön MI-arvo voi vaihdella hyvin paljon sen mukaan, mitä primäärienergiälähdettä käytetään.

Tämän vuoksi T-paidan abioottinen MI-arvo voi vaihdella välillä - 1,03 kg (kun laskennassa on käytetty analysoidussa tuotantoketjussa kulutetun sähkön todellista MI-kerrointa)

ja

- noin 40 kg (jos käytetään vain ruskohiilellä tuotettua sähköä).

Jos T-paita olisi tuotettu kokonaan Saksassa keskimääräisellä verkko-voirralla, sen abioottinen MI-arvo olisi vähintään 15 kg.

TMR on abioottisten ja bioottisten raaka-aineiden sekä eroosion summa.

Käytännön esimerkki

Pää- ja sivutuotteet

Lampaita pidetään erilaisista syistä.

- ▶ Saksassa lampaita pidetään pääasiallisesti hoitamassa maisemaa tai ylläpitämässä merenrantavalleja. Liha on usein vain sivutuote, villa useimmiten jätettä.

- ▶ Pohjoismaissa lampaita pidetään enimmäkseen vain lihan takia. Villa on sivutuote tai jätettä.
- ▶ Australiassa myös villa on lihan ohella päätuote.

Jos mongolialaiselta paimentolaiselta kysyttäisiin lampaiden pidosta, hän ei todennäköisesti näkisi kysymyksessä mieltä: lampaita pidetään tietenkin lihan, maidon ja villan takia. Eläimet ovat oleellinen osa mongolialaista kulttuuria, ja kaikki tuotteet käytetään yhtäläisesti hyödyksi.

Materiaalipanoksen laskenta laskentalomakkeella

Yksittäisten osaprosessien (eli niiden tuottamien välituotteiden) sekä lopputuotteen materiaalipanoksen laskentaan voidaan käyttää *laskentalomaketta* (katso sivu 31). Saksalainen laskentalomakepohja on saatavilla Wuppertal-instituutin kotisivuilla (www.mips-online.info). Suomalainen lomakepohja on saatavilla osoitteessa www.mips-online.fi. Jokaisesta prosessiketjun yksittäisestä prosessista (eli tuotannon välituotteesta) täytetään oma laskentalomake.

Laskentalomakkeeseen merkitään (vastaavasti kuin tiedonkeruulomakkeeseen), minkä prosessin tai tuotteen tarkastelusta on kyse, ja mikä on käytetty vertailuyksikkö, johon tiedot on suhteutettu (esimerkiksi yksi kilo välituotetta tai yksi kappale lopputuotetta). Seuraavaksi kirjataan kaikki panokset ja niiden käyttömäärät. Tavarakuljetusten osalta panokset on ensin laskettava tonnikipometrien muotoon (vrt. edellä). Näihin lukuihin yhdistetään kunkin panoksen viiteen luokkaan jaetut materiaali-intensiteetit (MI-kertoimet).

Laskentalomakkeessa on sarake, johon kunkin panoksen määrä merkitään, sekä kaksi saraketta kutakin MI-luokkaa kohden. Ensimmäiseen näistä sarakkeista merkitään käytettyjen panosten tai välituotteiden materiaali-intensiteetti. Toiseen sarakkeeseen merkitään kyseisen panoksen materiaalipanos (MI), joka saadaan kertomalla keskenään luokan MI-kerroin ja panoksen määrä. Kunkin MI-luokan kokonaispanos saadaan laskemalla eri panosten vaatimat materiaalipanokset yhteen.

Lopputuotteen materiaalipanos saadaan, kun lasketaan yhteen osaprosessien (eli niiden tuottamien välituotteiden) materiaalipanokset.

[illegible]

Vaihe 5: Materiaalipanoksen laskenta ”kehdosta hautaan”

MIPS-tarkastelun neljännessä vaiheessa laskettiin tuotteen valmistamisen vaatima luonnonvarakulutus. Suurin osa tuotteista kuluttaa luonnonvaroja myös valmistuksen jälkeen käytön ja jätehuollon vuoksi. Tällainen luonnonvarakulutus riippuu usein käyttäjästä tai määräytyy tuotteen käyttötarkoituksen mukaan. Siksi tarkastelun viidennessä vaiheessa lasketaankin valmistuksen jälkeen tapahtuva luonnonvarakulutus.

Käyttövaiheen luonnonvarojen kulutuksen laskemiseksi on vaikea antaa yleispäteviä ohjeita, koska eri tuotteiden kuluttavuudessa käyttövaiheen aikana on huomattavia eroja. Esimerkiksi kävelykeppi ei käyttövaiheessa vaadi juuriakaan luonnonvarapanoksia, toisin kuin esimerkiksi auto tai vaate. Merkittäviä osatekijöitä ovat kuitenkin ainakin seuraavat:

- ▶ tuotteen käytön energiankulutus (esimerkiksi auton tai jääkaapin tapauksessa),
- ▶ huollon, ylläpidon ja korjauksen materiaalikulutus (esimerkiksi rakennuksen tai vaateen tapauksessa) sekä
- ▶ tuotteen käytön vaatimien välineiden ja infrastruktuurin aikaansaamisen vaatima materiaalikulutus (esimerkiksi auton käyttämät tiet tai vaatteiden pesemiseen käytettävä pesukone).

Myös tiedon saatavuus tuotteen käytön aikaisesta luonnonvarojen kulutuksesta vaihtelee. Energian kulutus selviää yleensä helposti. Huollon ja ylläpidon materiaalikulutuksen selvittäminen voi jo vaatia aikaa ja vaivaa. Tuotteen käytön vaatimien välineiden ja infrastruktuurin materiaalipanoksesta lienee vaikeinta saada kattavaa tietoa. Pesukoneen materiaalikulutus saattaa selvittää valmistajalta kyselemällä, mutta liikenteen infrastruktuurissa on yleensä turvauduttava jo valmiiksi laskettuihin MI-kertoimiin, joihin infrastruktuuri on sisällytetty.

Mikäli joutuu rajaamaan tiettyjä panoksia tuotteen käytön aikaisen MI-laskennan ulkopuolelle, kannattaa virheiden välttämiseksi kuitenkin arvioida näiden tekijöiden mahdollista merkitystä. Esimerkiksi vaatteiden käyttö saattaa edellyttää mm. pesukonetta, silitysrautaa, neulaa ja lankaa. Pesukoneen valmistuksen (siis ilman sen käytönaikaisista energiankulutusta) aiheuttama abioottinen materiaalipanoks saattaa olla suuruusluokaltaan yksi kilo pesukertaa kohden – niinpä esimerkiksi T-paidan käyttöänsä aikana pelkästä pesukoneesta voi aiheutua useiden kilojen verran abioottisten luonnonvarojen kulutusta. Sen sijaan silitysraudan, neulan ja langan valmistuksen materiaalipanoks on yhtä vaatekappaletta kohden merkityksettömän pieni.

Tuotteen käytön aikaisten osatekijöiden ja –prosessien osalta täytetään samat tiedonkeruu- ja laskentalomakkeet kuin tuotteista. Näin tallennetaan paitsi kulutettujen panosten määrät, myös laskentaa varten tehty olettamukset (esimerkiksi että yhteen pesukoneelliseen mahtuu 20 T-paitaa).

Jos jätehuollosta ei ole saatavissa tarkkaa tietoa, tämä ei ole este laskennan jatkamiselle, sillä jätehuollon osuus elinkaaren aikaisesta materiaalin käytöstä on useimmiten suhteellisen vähäinen. Jätehuoltovaiheen puuttuminen ei yleensä oleellisesti vääristä MIPS-laskennan tuloksia.

Käytännön esimerkki

T-paidan valmistuksen lisäksi myös paidan käyttö kuluttaa luonnonvaroja. Paidan peseminen ja silittäminen kuluttaa yleensä enemmän luonnonvaroja kuin itse paidan tuotanto.

Korjaaminen ei nykyisin yleensä ole useimpien tekstiilien kohdalla kovin merkityksellistä. Sen sijaan esimerkiksi kenkien korjauttamista suutarilla on hyvä tarkastella.

5. vaiheen tulos

Käytön ja jätehuollon vaatimat materiaaalipanokset on laskettu ja lisätty valmistuksen luonnonvarakulutukseen.

Esimerkiksi T-paidan 100 käyttökiertoa sisältää valmistuksen + 100 x pesun + 100 x silityksen. Tällöin luonnonvarojen kulutus

- abioottinen raaka-aine 119,5 kg
- bioottinen raaka-aine 1,2 kg
- vesi 4200,0 kg
- ilma 40,0 kg
- eroosio 223,0 kg

Tulokseksi saadaan tuotteen materiaaalipanos oletetulla käytöllä koko elinkaaren ajalta. Tässä esitettyihin lukuihin päädytään, kun T-paidat pestään Saksan olosuhteissa, missä sähkön abioottinen MI-kerroin on noin kymmenkertainen Suomeen verrattuna. Suomessa pestynä T-paidan abioottisten luonnonvarojen kulutus elinkaaren aikana olisi selvästi alhaisempi, alle 20 kg.

Vaihe 6: Materiaalipanoksesta MIPSiksi

Tässä MIPS-laskennan viimeisessä vaiheessa MI-laskennan tulokset suhteutetaan ensimmäisessä vaiheessa määriteltyyn palvelusuoritteeseen. Tällöin saadaan tulokseksi MIPS eli materiaalipanos palvelusuoritetta kohden. MIPS saadaan jakamalla tuotteen vaatima materiaalipanos tuotteen elinikään tuotamien palvelusuoritteiden määrällä.

MIPSin yksikkö on luonnosta siirrettyjen materiaalien paino / yksi määritelty palvelusuorite. Yksittäisissä tapauksissa MIPSin yksikkö saattaa olla siirrettyjen materiaalien paino / tuote. Kertakäyttötuotteiden ja ruoan MIPS-luku on numeroarvoltaan sama kuin MI-luku, mutta yksikkö muuttuu pelkästä massayksiköstä (kuten kg) palveluun suhteutetuksi massayksiköksi (kuten kg / ruoka-annos). MIPS esitetään erikseen viidessä MI-luokassa (abioottinen raaka-aine, bioottinen raaka-aine, siirretty maaperä, vesi ja ilma).

6. vaiheen tulos

Tuotteen vaatima materiaalipanos on suhteutettu tuotteen tarjoaman palvelun määrään, eli on saatu selville, paljonko yhtä palvelusuoritetta kohden kuluu luonnonvaroja.

Aiemmassa esimerkissä T-paidan palvelusuoritteeksi määriteltiin yksi käyttökierto, joten sen MIPS-arvon laskemiseksi viidennen laskentavaiheen tulos (joka perustuu 100 käyttökiertoon) jaetaan sadalla käyttökierrolla. Luonnonvarojen kulutus yhtä käyttökiertoa kohden on siis saksalaisissa käyttöolosuhteissa seuraava:

• abioottinen raaka-aine	1,2 kg / käyttökierto
• bioottinen raaka-aine	0,01 kg / käyttökierto
• vesi	42,0 kg / käyttökierto
• ilma	0,04 kg / käyttökierto
• eroosio	2,2 kg / käyttökierto

MIPS-arvoja voidaan käyttää eri tuotteiden vertailuun keskenään tai saman tuotteen vertailuun erilaisessa käytössä. Jos on esimerkiksi laskettu toisenkin T-paidan materiaalipanos, ja tämä paita kestää vain 20 käyttökiertoa, saadaan eri T-paitojen MIPS-arvoja vertaamalla kuva siitä, kumpi paita kuluttaa vähemmän luonnonvaroja yhtä käyttökiertoa kohden. Pitkäikäisen paidan valmistusprosessin materiaalipanos jakautuu useamman käyttökierroksen kesken, mikä pienentää sen MIPS-lukua. Jos verrattaisiin vain näiden paitojen elinkaaren aikaisia MI-arvoja, saattaisi lyhytikäinen T-paita vaikuttaa paremmalta.

Lisäksi voidaan tarkastella vaatteiden käyttötottumuksia: käytetäänkö paitaa koko sen mahdollisen eliniän ajan, vai heitetäänkö se esimerkiksi kyllästymisen vuoksi pois vähempien käyttökierrosten jälkeen.

Vaihe 7: Tulosten tulkinta

Tietojen keruun sekä materiaalipanoksen, materiaali-intensiteetin tai MIPS-arvon laskennan jälkeen on arvioitava ja tulkittava saadut tulokset.

Luokan ”siirretty maaperä” perusteellinen tulkitseminen ei ole tällä hetkellä vielä mahdollista. On kuitenkin ilmeistä, että nykyinen maa- ja metsätalous, peltojen kyntäminen ja monokulttuurit merkitsevät voimakasta puuttumista luonnolliseen ympäristöön. Kielteisten ympäristövaikutusten vähentämiseksi maaperän siirtymistä olisi pyrittävä vähentämään (vrt. T-paitaesimerkin korkea eroosioarvo).

Tulosten arvioinnissa on sallittua ja usein myös järkevää yhdistää luokat ”abioottiset raaka-aineet”, ”bioottiset raaka-aineet” ja mahdollisesti myös ”siirretty maaperä” (yleensä vain eroosio). Samalla on kuitenkin tärkeää, että eri luokkien tiedot on yhdistämisen jälkeenkin mahdollista erotella taas omiin luokkiinsa. Yhdistettyä summaa voidaan käyttää tarkastelun pääindikaattorina ja sitä kutsutaan termillä ”Total Material Requirement” (TMR), suomeksi ”luonnonvarojen kokonaiskäyttö”. Tätä indikaattoria käytetään myös mittaamaan talousalueiden luonnonvarojen kulutusta. Kun tästä luvusta vähennetään tuotteen oma paino, saadaan tuotteen ns. ekologinen selkäreppu (vrt. s. 29).

Luokkaa ”vesi” on tarkasteltava erikseen, sillä veden käytöllä voi olla alueellisesti hyvin erilaisia seurauksia. Lisäksi vettä kuluu yleensä eri prosesseissa niin paljon, että yhteenlaskussa kaikki muut luokat useimmiten peittyisivät veden alle. Jakamalla vesi prosessi- ja jäähdytysveteen on haluttu varmistaa, etteivät suuret jäähdytysvesimäärät peitä näkyvistä varsinaisen prosessiveden määrää.

Luokassa ”ilma” tarkastellaan ilman ainesosien käyttöä (polttoa, kemiallista ja fysikaalista muuttamista) samanaikaisesti. CO₂-päästöt otetaan huomioon epäsuorasti polttoilmaosuudessa. Myöskään luokkaa ”ilma” ei tule yhdistää laskennassa muiden luokkien kanssa.

Tarkastelun lopuksi on myös hyvä tarkistaa, kuinka monta prosenttia kaikista panoksista todellakin analysoitiin ja kuinka monta pr osenttia vain arvioitiin. Analysoitujen ja laskettujen panosten osuus on optimitalauksessa mahdollisimman suuri.

Herkkyysanalyysien avulla voidaan arvioida eri tekijöiden ja panosten merkitystä. Herkkyystarkasteluna voi esimerkiksi kaksinkertaistaa tai puolittaa oletuksia jonkin osatekijän suhteen (esimerkiksi jos T-paitoja pestään yhdessä koneellisessa keskimäärin 10 tai 40 kahdenkymmenen sijaan) ja tarkastella muutoksen vaikutusta lopputulokseen. Jos herkkyystarkastelun muutokset osoittautuvat merkittäviksi, kannattaa miettiä ja perustella entistä tarkemmin oletusten oikeellisuutta.

7. vaiheen tulokset

Erilaisia vaihtoehtoja vertaillen on voitu löytää vaihtoehtojen joukosta parhaat ratkaisut. Myös erityisen materiaali-intensiiviset prosessivaiheet on saatu selvitettyä. Saatujen tulosten perusteella voidaan nyt valita sopivat optimointistrategiat.

Optimointistrategiat

Usein MI(PS)-analyysin tarkoituksena on tarkasteltavien tuotteiden tai palveluiden materiaalinkulutuksen optimointi. Alla optimoinnissa mahdollisia lähestymistapoja:

- materiaalipanoksen vähentäminen tarkasteltavassa prosessiketjussa (prosessioptimointi),
- materiaalipanoksen vähentäminen tuotteessa (tuoteoptimointi),
- palvelusuoritteen tai hyödykkeen käytön tehostaminen (tuoteoptimointi),
- tuote- tai palveluvaihtoehtojen vertailu.

Optimointimahdollisuuksia on yleensä kaikissa elinkaaren vaiheissa. Optimointi on tietenkin järkevintä suorittaa siellä missä voidaan saavuttaa suurimmat säästöt. Niin sanottu ”hot spot” –analyysi eli elinkaaren eri vaiheissa sijaitsevien säästömahdollisuuksien tunnistaminen on optimoinnin tärkeä ensimmäinen vaihe. Kun optimoitavissa olevat prosessit on selvitetty, voidaan luetteloida tärkeysjärjestykseen vaiheet, joissa on potentiaalia luonnonvarojen ja kustannusten säästöön. Seuraavaksi arvioidaan, mitä kyseisistä prosesseista voidaan itsenäisesti muuttaa, mitkä taas edellyttävät muiden tahojen osallistumista ja mitä ei voida muuttaa lainkaan tai voidaan muuttaa vain hyvin työläästi. Optimoitaviksi luokitellut prosessit voidaan siten jakaa seuraavasti:

- prosessit, joista on suora vastuu: esimerkiksi yrityksen sisäiset prosessit;
- prosessit, joista on epäsuora vastuu: esimerkiksi alihankkijoiden tai asiakkaiden prosessit;
- prosessit, jotka ovat oman vaikutuspiirin ulkopuolella: esimerkiksi raaka-aineen käyttöönotto

Se, mihin kolmesta yllä olevasta luokasta kukin prosessi kuuluu, vaihtelee olosuhteiden ja tilanteiden mukaan. On myös mahdollista, ettei esimerkiksi auton osia valmistavan teollisuuden sisäisiä prosesseja voida muuttaa, jos konsernin asettamat ehdot rajoittavat muutoksia. Sen sijaan esimerkiksi sähköntuotannon MI-arvoon voi vaikuttaa käyttämällä ainakin osittain MI-arvoltaan edullista sähköä kuten tuulisähköä. Prosessit voidaan jakaa optimointitavoitteiden perusteella vielä seuraaviin ryhmiin:

Mahdollisuuksia materiaalipanoksen (MI) vähentämiseksi:

- materiaalien valinta (kuten uusiomateriaalien käyttäminen),
- tuotantomenetelmien valinta (kuten energiaa säästävien koneiden käyttö, suljettu vedenkierto),
- erityisvalmisteisten pintateknologioiden käyttö esimerkiksi korroosion, hankauksen ja lian vähentämiseksi (kuten nanoteknologisen ”lotus-efektin” (itsensä puhdistavat pinnat) käyttö likaantumisen ehkäisyyn),
- suunnitteluratkaisut (kuten vaihdettavat keittiökaappien ovet, jotka helpottavat sisustusmuotien seuraamista materiaalia säästäten, säästöohjelmat pesukoneissa, mahdollisuus kytkeä jääkaapin pakastelokeron virta pois päältä),
- kuljetusratkaisut (kuten lyhyet etäisyydet),
- pakkausvalinnat (uudelleenkäyttö),
- materiaalien kierrätys (kuten purettavuus, kierrätettävyyys, eri materiaalien lukumäärän pienentäminen).

Mahdollisuuksia palvelusuoritteen (S) lisäämiseksi:

- tuotteen käyttöön vaikuttavat ratkaisut (kuten koneiden ja laitteiden monikäyttöisyys, pitkäikäisyys),
- tuotteen ylläpito ja huolto (kuten vaihto- ja varaosien saatavuus, uudistamis- ja päivitysmahdollisuus),
- uudelleenkäytettävyys (kuten messusomisteiden uudelleenkäyttö, panttipullot, kuljetuslaatikot ynnä muut uudelleenkäytettävät pakkaukset,
- luonnonvarapanosta optimoiva palvelutarjonta (kuten harvoin käytettävien työkalujen ja koneiden vuokraaminen).

Yllä on mainittu vain joitakin esimerkkejä tyypillisistä optimointikeinoista. Käytännön tilanteissa voidaan löytää paljon muitakin optimointimahdollisuuksia.

MIPS-menetelmän soveltaminen yrityksessä

Kun MIPS-ajattelua halutaan integroida yrityksen toimintaan, kannattaa aloittaa pilottiprojektilla. Osallistujat voivat silloin tutustua MIPS-menetelmään ajallisesti ja sisällöllisesti rajatussa, yhteen tai muutamaa kohteeseen keskittyvässä projektissa. Seuraava etenemistapa on osoittautunut toimivaksi:

- Tapaaminen, johon osallistuvat keskeisessä asemassa olevat työntekijät (kuten suunnittelu-, tuotanto- sekä osto- ja myyntitoiminnan edustajat), yritysjohto, sekä mahdollisesti myös tavaran toimittajat, asiakkaat ja muut viiteryhvät.
- Aivoriini: ideoiden kerääminen (esimerkiksi mielikuvakarttaan).
- Parhaiden ideoiden muotoileminen (esimerkiksi hyödyntäen osallistujien subjektiivisia arvioita).
- Ideoiden arvottaminen tiettyjen kriteerien mukaan (esimerkiksi käytävissä oleva tietotaito, kilpailutilanne, arvonalisyys jne.).
- Parhaiden ideoiden yksityiskohtainen vertailu.
- Parhaan idean valitseminen ja tarpeellisten toimenpiteiden suunnittelu ja käynnistäminen.

Vasta onnistuneen pilottiprojektin jälkeen MIPS integroidaan sisällöllisesti ja menetelmällisesti vaihe vaiheelta yrityksen prosesseihin ja yksittäisten osastojen toimintaan.

Kattava esittely menetelmän soveltamisesta ja toimeenpanosta ei olisi mahdunut tähän julkaisuun. Julkaisun tekijät ja suomentajat voivat tarvittaessa antaa pätevien asiantuntijoiden yhteystietoja MIPS-menetelmän toimeenpanemiseksi yrityksessä tai organisaatiossa. Suomalaisia esimerkkejä MIPS-tarkastelun soveltamisesta yritystoimintaan on esitelty Yrityksen ekotehoppaassa Ekotehokkuus – Business as Future (Autio & Lettenmeier 2002).

Sanasto

Abioottiset raaka-aineet: kaikki suoraan luonnosta otetut, vielä työstämättömät abioottiset (elottomaan luontoon kuuluvat, uusiutumattomat) materiaalit (esimerkiksi malmikaivoksessa oleva malmi, kaivosten sivukivi, kellarin tai talon rakentamista varten poistettu maa-aines jne.)

Ainekierrot ovat luonnollisia tai teknisiä ainevirtoja, jotka tapahtuvat kiertokuluissa (esimerkiksi veden luonnollinen kiertokulku).

Ainevirta viittaa kaikkeen aineen siirtymiseen eko- ja tekno sfää- rissä. Luonnossa aineet kiertävät ekosysteemeissä, joskin monien aineiden osalta ihmisen kannalta hyvin hitaasti. Myös tekno sys- teemeissä voi pyrkiä aineiden kierrätykseen.

Ajoneuvokilometri on tietyllä ajo- neuvolla kuljettu yhden kilomet- rin matka.

Apuaineet ovat aineita, joita käytetään prosessissa, mutta joilla on vain avustava tehtävä (esimerkiksi katalyytit ja liuottimet).

Bioottiset raaka-aineet: kaikki elol- lisesta luonnosta suoraan otetut, vielä käsittelemättömät bioottiset (uusiutuvat) materiaalit (esim. puut, kalat, puuvilla).

Ekologinen selkäreppu saadaan vä- hentämällä materiaalipanoksesta tuotteen nettopaino. Ekologinen selkäreppu = MI - nettopaino

Ekosfääri on maailman kaikkien eliöiden ja niiden elinympäristön muodostama kokonaisuus.

Elinkaari käsittää kaikki tuotteen valmistuksen, käytön ja käytöstä poiston vaiheet, eli raaka-aineen hankinnan, tuotannon, käytön ja jätehuollon.

Energialähde: käytetyt termiset tai ei-termiset energialähteet (esi- merkiksi öljy, hiili, puu tai tuuli).

Erityistiedot merkitsevät tiettyyn tarkoin määriteltyyn tuotteeseen tai palveluun (esim. villapaita, koko X, väri Y, valmistaja Z) liit- tyviä tietoja.

Henkilökilometrien (hlö-km) määrä saadaan, kun kuljetettujen henkilöiden lukumäärä kerrotaan kuljetulla kilometrimäärällä.

Ilma otetaan MIPS-laskennassa huomioon vain silloin, kun sitä muutetaan kemiallisesti tai fysikaalisesti (aggregaattitila muuttuu).

Infrastruktuuriksi kutsutaan tässä yhteydessä kaikkia hyödykkeiden tuottamiseksi tarvittavia tuo- tantolaitteita, -laitoksia ja muita rakenteita (esim. tuotantora- kennukset, tuotantolinjat, tiet, rautatiet).

Jäte: Jätteet ovat käytöstä poistuvia tai poistettavia aineita tai esineitä, jotka on joko kierrätettävä, muu- ten hyödynnettävä tai loppusijoi- tettava.

Jätevesi on kotitalouksien, maa- ja metsätalouden, yritysten ja teol- lisuuden likaamaa käyttövetä, joka lopuksi lasketaan viemä- rijärjestelmään tai vesistöön. Myös rakenneluilta alueilta pois johdettu sadevesi, salaojitettu vesi ja imeytyskaivoista päästetty vesi luetaan jätevedeksi.

Keskivertotuotteet edustavat koko- naista tuoteluokkaa. Yksittäiset tuotteet voivat ominaisuuksiltaan erota merkittävästi keskiverto- tuotteista.

Käyttöintensiivisen tuotteen aihe- uttama luonnonvarojen kulutus

kohdistuu pääasiassa käyttövai- heeseen.

Laskentalomake auttaa yksittäisten prosessien materiaalipanoksen järjestelmällisessä ja jäsenneyssä laskennassa. Lomake on saatavissa englanniksi ja saksaksi Internetis- tä osoitteesta www.mips-online.info, suomeksi osoitteesta www.mips-online.fi.

Luonnonvara: Kaikki prosessia varten luonnosta otetut tai luon- nolliselta paikaltaan siirretyt ma- teriaalit. MIPS-ajattelussa termiä ei käytetä yhteneväisesti biologis- ten, geologisten tai taloustieteiden terminologian kanssa.

Lämpöarvolla H_U tarkoitetaan täydellisen palamisen aikana va- pautuvaa lämpömäärää suhteessa poltetun aineen massa- an. Lämpö- arvossa otetaan huomioon, että hyödynnettävissä oleva läm- pömäärä vähenee polttoaineen sisältämän kosteuden haihtumi- sen vuoksi. Siksi lämpöarvo on pienempi kuin polttoarvo, jossa kosteuden vaikutusta ei oteta huomioon. Teknisissä laskelmissa käytetään lähes aina lämpöarvoa.

Maksimi- arvio saadaan käyttämällä MI-laskennan perustana suurinta mahdollista arvoa käytetyistä materiaaleista ynnä muista pa- noksista ja/tai niiden vaatimasta luonnonvarojen kulutuksesta. Näin tehdään silloin, kun tarkka laskenta ei ole mahdollista tai kun luonnonvarojen maksimikulu- tusta halutaan käyttää vertailujen perustana.

Materiaali-intensiiteetti (MIT) on aineen, energian tai muun panok- sen määrään suhteutettu materi- aalipanokseksi. Materiaali-intensiiteetti ilmaistaan MI-kertoimina, ja sen yksikkö on esimerkiksi kg/kg,

Sanasto

kg/kWh tai kg/tkm
 Materiaali-intensiteetti
 = Materiaalipanostus
 (MI) / raaka-aineen paino, tai
 = Materiaalipanostus
 (MI) / energiamäärä, tai
 = Materiaalipanostus
 (MI) / kuljetussuorite.

Materiaalipanostus (MI) käsittää kaikki luonnosta otetut (neitseelliset) aineelliset panokset, jotka hyödykkeen tuottaminen tai palvelun tarjoaminen vaatii. Yksikkönä käytetään useimmiten kg tai t.

Materiaalivirta: ks. ainevirta. Materiaalivirtatilinpäätöksessä, -tarkastelussa tai -analyysissä lasketaan materiaalivirtoja ekosysteemistä teknosysteemiin.

MI-kerroin on yksittäisten aineiden tai muiden panosten materiaali-intensiteetin lukuarvo. Raaka-aineiden lisäksi myös prosesseissa usein tarvittaville ”painottomille panoksille” (kuten sähkö tai kuljetukset eri kuljetusvälineillä) on laskettu MI-kertoimia. Ne ovat keskiarvoja ja pätevät yleensä tietyillä maantieteellisillä alueilla tai muutoin määritellyissä olosuhteissa. MI-kertoimen yksikkö on esimerkiksi kg/kg, kg/kWh tai kg/tkm.

Minimiarvio saadaan käyttämällä MI-laskennan perustana pienintä mahdollista arvoa käytetyistä materiaaleista ynnä muista panoksista ja/tai niiden vaatimasta luonnonvarojen kulutuksesta. Näin tehdään silloin, kun tarkka laskenta ei ole mahdollista tai kun luonnonvarojen minimikulutus halutaan käyttää vertailujen perustana.

MIPS on lyhenne, joka tarkoittaa materiaalipanostuksen määrää

palvelusuoritetta kohden, yksikkö on kg/määritelty palvelusuorite (S). MIPS = MI/S. Lyhenne tulee sanoista Material Input per Service Unit.

Palvelusuorite (S) on tuotteen tarjoaman palvelun mittayksikkö, johon tuotteen vaatima luonnonvarojen kulutus suhteutetaan MIPS-laskennassa. Palvelusuorite määritellään laskennan alussa tarkastelun kannalta mielekkäällä tavalla. Palvelusuorite voi olla esimerkiksi käyttövuosien tai käyttökertojen määrä.

Panokset: kaikki, mitä prosessin eri vaiheissa otetaan käyttöön.

Polttoarvolla H_0 tarkoitetaan täydellisen palamisen aikana vapautuvaa lämpöenergiaa suhteessa poltetun aineen massaun. Toisin kuin lämpöarvossa, polttoarvossa ei oteta huomioon, että hyödynnettävissä oleva lämpöenergia vähenee polttoaineen sisältämän kosteuden haihtumisen vuoksi.

Prosessi on tapahtuma, jossa panokset muutetaan tuotoksiksi. Tulokseksi saadaan vähintään yksi tavoiteltu tuotos (esimerkiksi muotoiltu pelti, kemikaali tai hyödykkeen kuljetus).

Prosessiketju on tarkasteltavan järjestelmän kaikkien prosessien kuvaus, josta ilmenevät yksittäiset prosessit ja niiden väliset suhteet.

Pätevyysalue ilmoittaa, missä puitteissa ja olosuhteissa (ajallisesti ja alueellisesti) luonnonvarojen kulutustiedot pätevät ja niitä voidaan käyttää.

Päästöt ovat laitteesta tai laitokselta ympäristöön pääseviä kiinteitä, nestemäisiä tai kaasumaisia aineita taikka melua tai muuta säteilyä.

Päätuotteet ovat kaupallisesti hyödynnettäviä tuotteita, joita tuotantoprosessissa ensisijaisesti valmistetaan.

Siirretty maaperä käsittää kaiken maa- ja metsätaloudessa siirretyn maaperän eli kyntämisen (aktiivisen maan siirtämisen) sekä eroosion (passiivisen maan siirtymisen). Koska tällä hetkellä ei ole tarjolla riittävästi luotettavia ja vahvistettuja arvoja aktiivisesti siirretyn maaperän suuruusluokasta, sisältävät MI-kerroinluettelossa esitetyt siirretyn maaperän kertoimet toistaiseksi ainoastaan eroosion arvot. Muu kuin maa- ja metsätaloudessa siirretty maaperä lasketaan abioottiseksi panokseksi.

Sivutuotteet ovat taloudellisesti hyödynnettäviä hyödykkeitä, jotka syntyvät tietyssä prosessissa, mutta joita varten prosessia ei ensisijaisesti pidetä käynnissä.

Teknosfääri on se osa ekosfääriä, joka on ihmisen aikaansaama tai muokkaama ja johon ihminen välittömästi vaikuttaa.

Tiedonkeruulomakkeet auttavat prosessissa käytettyjen panosten määrätietojen järjestelmällisessä ja jäsenneytyssä keräämisessä. Lomake on saatavissa englanniksi ja saksaksi Internetistä osoitteesta www.mips-online.info ja suomeksi osoitteesta www.mips-online.fi.

TMR: Total Material Requirement = luonnonvarojen kokonaiskäyttö. Yleensä kansantalouden materiaalityöntaloudessa käytetty käsite, joka kertoo kansantalouden kaikkien toimintojen ylläpitoon yhden vuoden aikana tarvittujen abioottisten ja bioottisten luonnonvarojen sekä eroosion mää-

Sanasto

rän. MIPS-laskennassa voidaan toisinaan ilmaista luonnonvarojen kulutus TMR-lukuna, jolloin luku kertoo tuotteen tai palvelun aiheuttaman luonnonvarojen kulutuksen (abioottiset ja bioottiset luonnonvarat sekä eroosio). MIPS-laskenta ja kansantalouden TMR-laskenta eroavat toisistaan: TMR on virtasuure, joka kertoo yhden vuoden aikana käytetyt luonnonvarat, MIPS-laskennassa taas lasketaan tietyn tuotteen tai palvelun koko elinkaaren aikana kulutetut luonnonvarat.

Tonnikilometrien (tkm) määrä saadaan, kun kuljetettujen hyödykkeiden paino tonneina ilmaistuna kerrotaan kuljetettujen kilometrien määrällä (esimerkiksi 50 kg tuotetta x 100 km kuljetusmatka asiakkaalle = 5 tonnikilometriä. Tonnikilometrit lasketaan erikseen eri kuljetusmuodoille, esimerkiksi rautatie-, maantie- ja vesikuljetuksille. Kun tonnikilometrit kerrotaan kyseisen kuljetusmuodon eri MI-luokkien MI-kertoimilla, saadaan kuljetusten aiheuttama luonnonvarojen kulutus, esimerkiksi 5 tkm x 0,5 kg/tkm = 2,5 kg (lue: 5 tonnikilometriä x 0,5 kg luonnonvaroja/tonnikilometri = 2,5 kg luonnonvaroja).

Tuotantointensiivisen tuotteen aiheuttama luonnonvarojen kulutus kohdistuu pääasiassa tuotantovaiheeseen.

Tuotantorakennukset: kaikki ne rakennukset, joissa prosessit tapahtuvat. Niiden osuus hyödykkeen materiaalipanoksesta voidaan laskea siten, että niiden materiaalipanos jaetaan rakennusten käyttövuosilla ja edelleen vuosittain valmistettavien hyödykkeiden määrällä.

Tuotantovälineitä ovat koneet, laitteet jne., joita tarvitaan prosessissa, mutta joita ei siinä kuluteta loppuun. Niiden osuus hyödykkeen materiaalipanoksesta voidaan laskea siten, että kunkin välineen materiaalipanos jaetaan sen käyttövuosilla ja edelleen vuosittain valmistettavien hyödykkeiden määrällä.

Tuoteluokka: tuotevertailuja voidaan todellisten, konkreettisten tuotteiden lisäksi tehdä myös tuoteluokittain. Tuoteluokka voi olla esimerkiksi 'valkoiset puuvillaiset T-paidat'.

Tuotokset: kaikki, mikä tahallisesti (esimerkiksi tuotteet) ja tahattomasti (esimerkiksi päästöt) poistuu prosessista.

Työstöaineet ja -materiaalit ovat materiaaleja, jotka ovat välttämättömiä prosessin kannalta, mutta jotka eivät sisälly itse tuotteeseen (esimerkiksi voitelu- ja puhdistusaineet sekä teollisuuspyyhkeet).

Valmistetut raaka-aineet ovat prosessissa käytettäviä materiaaleja, jotka on tätä varten täytynyt valmistaa edeltävissä prosesseissa (esimerkiksi teräs, PVC-muovi tai lasi).

Vesi käsittää MIPS-mallissa kaiken luonnosta välittömästi otetun veden. Pintaveden, pohjaveden ja porakaivoveden käyttö on ilmoitettava erikseen. On myös mahdollista ja virallisten vedenkäyttötilastojen perusteella helpompaa tehdä erottelu pohja-, lähde- ja pintaveteen. Vesitilastoista riippuen mainitaan erikseen myös juomavedeksi käsitelty pintavesi ja tekopohjavesi.

Välituote valmistetaan prosessiket-

jussa, ja se on toisen prosessin panos (esimerkiksi puolivalmisteet, rakennusosat, elementit jne.). Se ei vielä tuota varsinaista palvelua (esim. auton akku, kun tarkastellaan henkilöautoa).

Yleistiedot merkitsevät tiettyyn tuoteluokkaan tietyllä sektorilla liittyviä taikka kansallisesti tyypillisiä tai keskivertaisia tuotetietoja.

LIITTEET

Taulukot

Muunnostaulukot

Energia	kJ	kcal	kWh	kg ce	kg oe
1 kilojoule (kJ)	–	0,2388	0,000278	0,000034	0,000024
1 kilokalori (kcal)	4,1868	–	0,001163	0,000143	0,0001
1 kilowattitunti (kWh)	3600	860	–	0,123	0,086
1 kg kivihiiliekvivalenttia (ce)	29 308	7000	8,14	–	0,7
1 kg öljyekvivalenttia (oe)	41 868	10 000	11,63	1,428	–

Massayksiköt	kg	US short ton	Brit long ton	oz	lb
1 kg	–	0,0011023	0,0009843	35,27337	2,295737
1 “amerikantonni”	907,185	–	0,892857	32 000	2000
1 “brittiläinen tonni”	1016	1,12	–	35 840	2240
1 unssi eli ounce (oz)	0,02835	0,00003125	0,0000279	–	0,0625
1 naula eli pound (lb)	0,45359	0,0005	0,0004464	16	–

Pituusyksiköt	m	in	ft	yd	maili(m)	merimaili
1 metri (m)	–	39,37	3,2808	1,0936	0,0006215	0,000054
1 tuuma eli inch (in)	0,0254	–	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{36}$	0,0000158	0,0000137
1 jalka eli foot (ft)	0,3048	12	–	$\frac{1}{3}$	0,0001894	0,0001644
1 jaardi eli yard (yd)	0,9144	36	3	–	0,0005681	0,0004934
1 maili eli mile (m)	1609	63 360	5280	1760	–	0,86842
1 merimaili	1852	72 960	6080	2026,67	1,1515	–

Etuliitteitä

Yksiköt ilmaistaan usein etuliitteen kanssa, koska luvut olisivat usein muuten liian suuria tai pieniä. Kerrallaan käytetään vain yhtä etuliitettä.

Etuliite	lyhenne	potenssi/ merkitys	huomautus	Etuliite	lyhenne	merkitys	huomautus
Atto	a	10^{-18}		Deka	da	10^1	ei suositeltava
Femto	f	10^{-15}		Hehto	h	10^2	ei suositeltava
Piko	p	10^{-12}		Kilo	k	10^3	
Nano	n	10^{-9}		Mega	M	10^6	
Mikro	μ	10^{-6}		Giga	G	10^9	
Milli	m	10^{-3}		Tera	T	10^{12}	
sentti	c	10^{-2}	ei suositeltava	Peta	P	10^{15}	
Desi	d	10^{-1}	ei suositeltava	Eksa	E	10^{18}	

Aineiden tiheyksiä

	kg/dm ³ 20 °C:ssa		kg/dm ³ 20 °C:ssa		kg/dm ³ 20 °C:ssa
Alumiini	2,7	Titaani	4,52	Kevyt polttoöljy	0,85
Lyijy	11,34	Volframi	19,3	Raskas polttoöljy	1,2
Teräs	7,8	Kulta	19,29	Diesel	0,85
Magnesium	1,74	Valurauta	7,2	Bensiini	0,72
Messinki	8,5	Iridium	22,4	Maakaasu	0,78 kg/m ³
Platina	21,5	Kupari	8,92		
Tombakki	8,8	Sinkki	7,14		
Elohopea	13,55	Kivihiili	1,4		

Energialähteiden lämpöarvoja

(Lähde: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen, Saksa, paitsi suomalaisten tietojen osalta maakaasutekniikan nettikäsikirja, http://www.maakaasu.fi/7_kasikirja/)

Energialähde	yksikkö	lämpöarvo [kJ]	Energialähde	yksikkö	lämpöarvo [kJ]
Kivihiili	kg	29 715	Polttoöljy, kevyt	kg	42 733
Kivihiilikoksi	kg	28 650	Polttoöljy raskas, Saksa	kg	40 852
Kivihiilibriketit	kg	31 401	Polttoöljy raskas, Suomi	kg	40 600
Ruskohiili	kg	8575	Petrolikoksi	kg	30 895
Ruskohiilibriketit	kg	19 500	Nestekaasu	kg	46 041
Ruskohiilikoksi	kg	29 900	Jalostamokaasu	kg	45 159
Pöly- ja kuivahiili	kg	21 525	Koksaamokaasu	m ³	15 994
Kovaruskohiili	kg	16 747	Masuunikaasu	m ³	4187
Polttopuu (1 m ³ = 0,7 t)	kg	14 654	Maakaasu, Saksa	m ³	31 736
Polttoturve	kg	14 235	Maakaasu, Suomi	m ³	36 000
Raakaöljy	kg	42 633	Maaöljykaasu	m ³	40 300
Moottoribensiini ja bentseeni	kg	43 543	Kaivoskaasu	m ³	15 994
Raakabensiini	kg	44 000	Jätevedenpuhdistamon biokaasu	kg	15 994
Lentobensiini	kg	43 543	Raakabentseeni	kg	39 565
Lentopetroli	kg	43 000	Terva	kg	37 681
Diesel	kg	42 960	Piki	kg	37 681

Laskentaesimerkkejä

Esimerkki: raakaraudan valmistus

Valmistettujen raaka-aineiden MI-laskennan havainnollistamiseksi kuvataan ja selvitetään seuraavassa raakaraudan valmistusprosessia.

Vaihe 1: Tavoitteen, kohteiden ja palvelusuoritteen määrittäminen

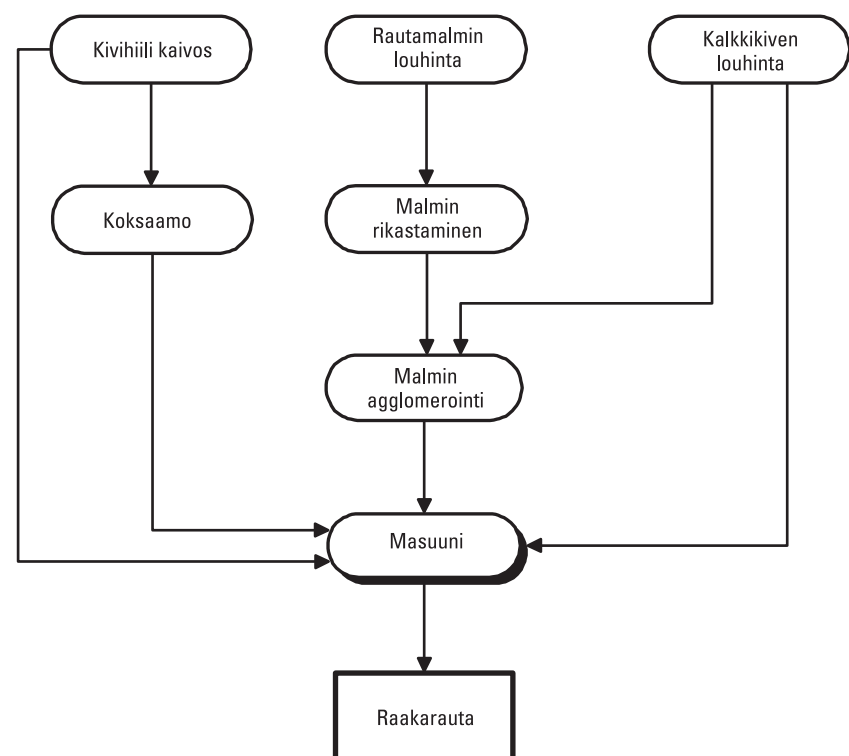
Koska analyysin tavoitteena on raakaraudan MI-kertoimen laskeminen, ei varsinaista palvelusuoritetta määritetä. Laskennan tuloksena saadaan painoyksiköissä ilmoitettava MI-kerroin ($\text{kg luonnonvaroja} / \text{kg raakarautaa}$). Sitä tarvitaan laskettaessa MI-arvoa esimerkiksi teräsosien valmistukseen tai muille sellaisille prosesseille, joissa raakarautaa käytetään raaka-aineena.

Tietojen ja laskennallisten arvojen lähteet ovat MIPS-online -sivujen (www.mips-online.info) MI-kerrointen lista sekä WI-Paper 27: MI-Analysen von Grund-, Werk- und Baustoffen, Wuppertal-instituutti 1995.

Vaihe 2: Prosessin kuvaaminen

Raakaraudan valmistusprosessi esitetään seuraavassa kaaviossa.

Raakaraudan valmistusprosessin kuvaus



Vaihe 3: Tietojen kerääminen

Tietojen keräämiseen sisältyvät seuraavat vaiheet:

- malmiesiintymää koskevat tiedot,
- kivihiili- ja kalkkikiviesiintymiä koskevat tiedot,
- koksaa, sintraus- tai pelletointilaitoksia ja energiantuotantoa koskevat tiedot sekä
- masuunia koskevat tiedot.

Vaihe 4: Materiaalipanoksen laskenta ”kehdosta raaka-aineeksi”

Jotta kerättyjen tietojen perusteella voidaan laskea raakaraudan MI-arvo, on aluksi käytävä läpi seuraavat välivaiheet.

Aluksi lasketaan MI-arvo kunkin väliprosessin päätuotteelle:

- louhittu kivihiili,
- louhittu rautamalmi,
- louhittu kalkkikivi,
- koksauksessa syntyvä koksi,
- sintrauksessa syntyvä sintteri ja
- pelletoinnissa syntyvä pelletti.

Lisäksi on selvittävä ja otettava huomioon kuljetuksen, sähkön ja erilaisten polttoaineiden MI-arvot.

Yksittäisten prosessien MI-laskenta on esitetty jäljempänä olevissa esitäytenä laskentalomakkeissa. Laskentaan tarvitaan seuraavia yksittäisten aineiden materiaali-intensiteettiä kuvaavia arvoja (MI-kertoimia):

Aine	Abioott. raaka-aine	Vesi	Ilma
Kivihiili	2,36 kg/kg	9,1 kg/kg	0,048 k/kg
Sähkö, terästeollisuus	4,22 kg/kWh	72,5 kg/kWh	0,607 kg/kWh
Sähkö, OECD-maat	1,55 kg/kWh	66,7 kg/kWh	0,535 kg/kWh
Diesel	0,032 kg/MJ	0,23 kg/MJ	0,076 kg/MJ
Kalkkikivi	1,66 kg/kg	9,7 kg/kg	0,06 kg/kg
Maakaasu	0,03 kg/MJ	0,012 kg/MJ	0,09 kg/MJ

Laskentalomake

Tiedot koskevat: 1 tonnia louhittua rautamalmia (Fe -pitoisuus 46%)

Panos (aine/välituote)			Abioottiset materiaalit		Bioottiset materiaalit		Siirretty maaperä		Vesi		Ilma	
			MI-kerroin kg/yksikkö	kg/yksikkö prosessin päätuotetta	MI-kerroin kg/yksikkö	kg/yksikkö prosessin päätuotetta	MI-kerroin kg/yksikkö	kg/yksikkö prosessin päätuotetta	MI-kerroin kg/yksikkö	kg/yksikkö prosessin päätuotetta	MI-kerroin kg/yksikkö	kg/yksikkö prosessin päätuotetta
Rautamalmi ja hylkymaa	kg	1882,00	1,000	1822,00								
Diesel	MJ	58,00	0,032	1,86					0,23	13,34	0,08	4,41
Räjähteet	kg	0,27	1,000	0,27								
Sähkö	kWh	1,42	1,550	2,20					66,70	94,71	0,34	0,76
Σ				1866,33		0,00		0,00		108,05		5,17

Laskentalomake

Tiedot koskevat: 1 tonnia rikastettua rautamalmia (Fe -pitoisuus 65%)

Panos (aine/välituote)			Abioottiset materiaalit		Bioottiset materiaalit		Siirretty maaperä		Vesi		Ilma	
			MI-kerroin kg/yksikkö	kg/yksikkö prosessin päätuotetta	MI-kerroin kg/yksikkö	kg/yksikkö prosessin päätuotetta	MI-kerroin kg/yksikkö	kg/yksikkö prosessin päätuotetta	MI-kerroin kg/yksikkö	kg/yksikkö prosessin päätuotetta	MI-kerroin kg/yksikkö	kg/yksikkö prosessin päätuotetta
Rautamalmi ja hylkymaa	kg	1658,00	1,886	3126,99					0,11	179,06	0,01	8,29
Sähkö	kWh	18,71	1,550	29,00					66,70	1247,96	0,54	10,01
Vesi	kg	1 519							1,00	1519,00		
Σ				3155,99		0,00		0,00		2946,02		18,30

Laskentalomake

Tiedot koskevat: 1 tonnia agglomeroitua rautamalmia (sintraus ja pelletointi)

Panos (aine/välituote)			Abioottiset materiaalit		Bioottiset materiaalit		Siirretty maaperä		Vesi		Ilma	
			MI-kerroin kg/yksikkö	kg/yksikkö prosessin päätuotetta	MI-kerroin kg/yksikkö	kg/yksikkö prosessin päätuotetta	MI-kerroin kg/yksikkö	kg/yksikkö prosessin päätuotetta	MI-kerroin kg/yksikkö	kg/yksikkö prosessin päätuotetta	MI-kerroin kg/yksikkö	kg/yksikkö prosessin päätuotetta
Rautamalmi (65% Fe)	kg	1033,00	3,156	3260,15					2,95	3043,22	0,02	18,59
Kalkkikivi	kg	46,50	1,660	77,19					9,70	451,05	0,06	2,79
Maakaasu	MJ	228,00	0,030	6,84					0,01	2,74	0,09	20,52
Sähkö	kWh	41,10	1,550	63,71					66,70	2741,37	0,54	21,99
Vesi	kg	379							1,00	379,00		
Σ				3407,88		0,00		0,00		6617,37		63,89

Laskentalomake

Tiedot koskevat: 1 tonnia koksia

Panos (aine/välituote)			Abioottiset materiaalit		Bioottiset materiaalit		Siirretty maaperä		Vesi		Ilma	
			MI-kerroin kg/yksikkö	kg/yksikkö prosessin päätuotetta	MI-kerroin kg/yksikkö	kg/yksikkö prosessin päätuotetta	MI-kerroin kg/yksikkö	kg/yksikkö prosessin päätuotetta	MI-kerroin kg/yksikkö	kg/yksikkö prosessin päätuotetta	MI-kerroin kg/yksikkö	kg/yksikkö prosessin päätuotetta
Kivihiili	kg	1350,00	2,360	3186,00					9,11	12 285,00	0,05	64,80
Polttoaine, toisen prosessin sivutuote	MJ	3500,00	0,000	0,00					0,00	0,00	0,00	0,00
Vesi	kg	50,00	1,000	50,00					1,00	50,00		
Sähkö	kWh	33,06	4,220	139,51					72,50	2396,85	0,61	20,07
Ilma	kg	1 600									1,00	1600,00
Σ				3375,51		0,00		0,00		14 731,85		1684,87

Laskentalomake

Tiedot koskevat: 1 tonnia raakarautaa

Panos (aine/väliaine)	Yksikkö	Määrä	Abioottiset materiaalit		Bioottiset materiaalit		Siirretty maaperä		Vesi		Ilma	
			MI-kerroin kg/yksikkö	kg/yksikkö prosessin päätuotetta	MI-kerroin kg/yksikkö	kg/yksikkö prosessin päätuotetta	MI-kerroin kg/yksikkö	kg/yksikkö prosessin päätuotetta	MI-kerroin kg/yksikkö	kg/yksikkö prosessin päätuotetta	MI-kerroin kg/yksikkö	kg/yksikkö prosessin päätuotetta
Sintteri	kg	1034	3,41	3522,84					6,62	6841,98	1,03	1067,09
Pelletti	kg	404	3,41	1376,43					6,62	2673,27	1,03	416,12
Koksi	kg	475	3,38	1603,13					14,73	6996,75	1,69	800,38
Kalkkikivi	kg	13	1,66	21,91					9,70	128,04	0,06	0,79
Kivihiili	kg	57	2,36	135,23					9,10	521,43	0,05	2,75
Vesi	kg	12 032							1,00	12 032,00		
Sähkö	kWh	92	4,22	388,24					72,50	6670,00	0,61	55,74
Σ				7047,77		0,00		0,00		35 863,47		2342,97

Viimeisenä olevasta raakaraudan laskentalomakkeesta käy ilmi koko prosessin MI-arvo:

- 7,05 tonnia abioottista materiaalia,
- 35,9 tonnia vettä ja
- 2,34 tonnia ilmaa

tarvitaan yhden raakaraudatonnin valmistamiseksi.

Vaiheet 5 ja 6: Materiaalipanoksen laskenta ”kehdestä hautaan ja materiaalipanoksesta MIPSiksi

Näitä vaiheita ei asetetun tavoitteen (raaka-aineen MI-kertoimen laskenta, ei tuotteen MIPS-arvon laskenta) vuoksi toteuteta (ks. reunahuomautus s. 17).

Vaihe 7: Tulosten tulkinta

Koska tavoitteena oli vain MI-kertoimen laskenta, myös tuloksia voidaan tulkita ensisijaisesti tämän yhden prosessin materiaalipanoksen pohjalta. Raakaraudan valmistusprosessi on jo pitkälle optimoitu; optimointimahdollisuuksia saattaa olla sähköön tuotannossa ja eri kaivannaislöydösten välillä valittaessa. Palvelua tuottaviin tuotteisiin (kuten teräksestä valmistetut hallit ja ajoneuvot) verrattuna optimointimahdollisuudet ovat kuitenkin hyvin rajalliset.

Esimerkki: Mattojen puhdistaminen

MIPS-laskentaa havainnollistavassa esimerkissä kohteena on kaksi vaihtoehtoista mattojen puhdistustapaa.

Vaihe 1: Tavoitteen, kohteiden ja palvelusuoritteen määrittäminen

MIPS-laskennan tavoitteena on kahden erilaisen mattojen puhdistustavan vertailu. Tarkasteltavina kohteina ovat perinteinen pölynimuri sekä uusi matonpuhdistin. Tarkasteltaviksi palvelusuoritteiksi määriteltiin

- tunti maton puhdistusta,
- mattojen puhdistaminen yhden vuoden ajan (oletetaan x tuntia viikossa),
- tuotteen koko käyttöiän aikana tapahtuva mattojen puhdistaminen.

Kolmen eri palvelusuoritteen tarkastelu mahdollistaa vaihtoehtojen yksityiskohtaisen vertailun. Vaihtoehdot eivät kaikissa olosuhteissa korvaa toisiaan (esimerkiksi allergiakodin siivouksessa). Tuotteiden vertailtavuuden lähtökohtana on paljolti se, että Saksassa käytetään yleisesti kokolattiamattoja.

Ekotehokas matonpuhdistin

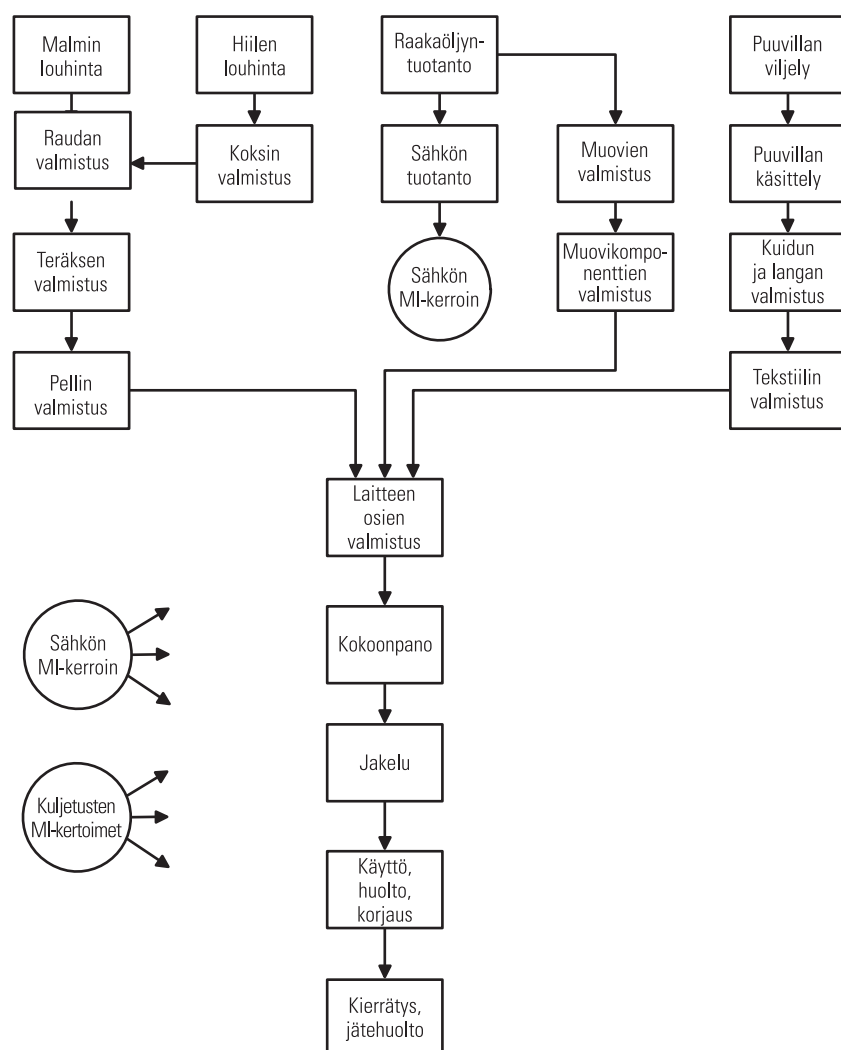
- laitteen kehittivät yhteistyössä suunnittelija Agim Meta ja Wuppertal-instituutin Ainevirrat ja rakennemuutos -osasto,
- ei kuluta sähköä, vaan käyttää vauhtipyörää mekaanisena energiavaraajana pölyt keräävien harjojen pyörittämiseksi,
- on tavanomaista sähköistä imuria kevyempi
- ei tarvitse poisheitettäviä pölypusseja,
- sisältää vain viittä eri materiaalia (sähköinen pölynimuri yli viittäkymmentä), kotelo on valmistettu pellistä,
- on kokonaan purettavissa osiin, korjattavissa ja kierrätettävissä.

Vaihe 2: Prosessin kuvaaminen

Mattojen puhdistuslaitteiden valmistus-, käyttö- ja jätehuoltoprosessiketju on hyvin laaja ja sisältää jo materiaalien, energialähteiden ja sähkön tuotantoprosessit. Laitteiden valmistusprosesseista eli sen paremmin yksittäisten osien valmistamisesta kuin laitteiden kokoamisestakaan ei ole tarjolla laskettuja arvoja. Näin ollen ei ole tiedossa kuinka suuria määriä jätteitä (prosessin ylijäämämateriaaleja) valmistusprosessissa syntyy tai kuinka paljon sähköä kuluu.

Jotta MIPS-laskenta voitaisiin tehdä, tarkasteltavia tekijöitä on yksinkertaistettava. MI-arvo lasketaan tuotteen itsensä sisältämien materiaalien kautta. Materiaalien painomäärät kerrotaan sopivilla tunnetuilla MI-kertoimilla eli materiaali-intensiteetti-arvoilla. Näin tuotteen MI-arvo saadaan laskettua suhteellisen luotettavasti, helposti ja nopeasti. Tästä MI-arvosta saadaan MIPS-arvo, kun se suhteutetaan tuotteen palvelusuoritteeseen. MIPS-arvoja voidaan käyttää tuotteiden keskinäiseen vertailuun.

Laitteen elinkaaren yksinkertaistettu prosessikaavio. Vastaava kaavio laaditaan molemmista vertailtavista tuotteista.



Vaihe 3: Tietojen kerääminen

Tietojen keruuseen kuuluvat edellisen vaiheen selvityksen perusteella:

- tuotteiden eri materiaalien paino-osuuksien analyysi,
- arvio tuotteiden käyttö- ja jätehuoltovaiheista
- tarvittavien MI-kertoimien kerääminen

Tuotteiden paino-osuudet

Materiaali	kg per tuote
<i>Uuden matonpuhdistimen materiaaliakoostumus</i>	
teräs (neitseellinen)	3,15
muovit	0,04
uusiutuvat raaka-aineet	0,08
yhteensä	3,27
<i>Pölynimurin materiaaliakoostumus</i>	
teräs (neitseellinen)	1,85
muovit	2,1
alumiini (neitseellinen)	0,247
kupari (50% neitsell./50% uusio)	0,12
tina	0,001
öljy	0,002
puuvilla	0,1
yhteensä	4,42

Käyttö- ja jätehuoltovaihe

Uusi matonpuhdistin (käyttöikä 30 vuotta)	Pölynimuri (käyttöikä 10 vuotta)
<i>Kulutus vuoden aikana</i>	
1 harja uusiutuvista luonnonvaroista (0,08 kg)	12 pölypussia (0,1 kg kappale)
0,1 kg puhdistusainetta	108 kWh sähköä
50 km jätekeskukseen (keräysauto)	50 km jätekeskukseen (keräysauto)

Imurin pölypussien määrä ja sähkönkulutus arvioitiin seuraavasti:

- 1 pölypussi kuukautta kohti
- sähkönkulutus: imurin teho 1500 wattia, 1,5 tuntia imurointia/viikko, 48 viikkoa/vuosi.

Materiaali-intensiteettejä (MI-kertoimia)

Materiaali	Abioottinen materiaali t/t	Bioottinen materiaali t/t	Siirretty maaperä t/t	Vesi t/t	Ilma t/t
------------	----------------------------------	---------------------------------	-----------------------------	-------------	-------------

Materiaalien, energialähteiden ja kuljetuksen materiaali-intensiteetit
(Nämä arvot voivat muuttua ajan myötä, siksi kannattaa tarkistaa
ajankohtaiset arvot osoitteesta: www.mips-online.info)

Teräs, neitseellinen	6,97			44,6	1,3
Teräs, uusioraaka-aine	3,36			57,5	0,56
Alumiini, neitseellinen	85,38			1378,6	9,78
Alumiini, uusioraaka-aine	3,45			60,9	0,37
Kupari, neitseellinen	500,0			260,0	2,0
Kupari, uusioraaka-aine	9,66			105,6	0,72
Muovi (PVC)	8,02			117,7	0,69
Muovi (PE)	5,4			64,9	2,1
Tina (arvioitu)	6800,0			ei tietoa	ei tietoa
Öljy (polttoöljy)	1,5			11,4	0,03
Paperi (neitseellinen)	1,2	5,0		14,7	0,24
Puhdistusaine	6,0			98,0	0,7

Uusiutuvat raaka-aineet:
arvion pohjana puuvilla
(Länsi-USA)

	t/MWh	t/MWh	t/MWh	t/MWh
--	-------	-------	-------	-------

Sähkö
(Saksa, julkinen
verkko)

	4,7		83,1	0,6
	kg/tkm	kg/tkm	kg/tkm	kg/tkm

Maantiekuljetus
(perävaunullinen
rekka-auto > 8 t)

	0,856		6,087	0,117
--	-------	--	-------	-------

Vaiheet 4 ja 5: Materiaalipanoksen laskenta ”kehdosta tuotteeseen”
ja ”kehdosta hautaan”

Vaiheet 4 ja 5 on yhdistetty oheiseen laskentalomakkeeseen.

Laskentalomake

Tiedot koskevat yhden pölynimurin valmistusta

Panos (aine/väliaine)	Yksikkö	Määrä	Abioottiset materiaalit		Bioottiset materiaalit		Siirretty maaperä		Vesi		Ilma	
			MI-kerroin kg/yksikkö	kg/yksikkö prosessin päätuotetta	MI-kerroin kg/yksikkö	kg/yksikkö prosessin päätuotetta	MI-kerroin kg/yksikkö	kg/yksikkö prosessin päätuotetta	MI-kerroin kg/yksikkö	kg/yksikkö prosessin päätuotetta	MI-kerroin kg/yksikkö	kg/yksikkö prosessin päätuotetta
Teräs (neitseellinen)	kg	1,85	6,97	12,89					44,60	82,51	1,30	2,41
Muovit (oletus: PE)	kg	2,10	5,40	11,34					64,90	136,29	2,10	4,41
Alumiini (neitseellinen)	kg	0,25	85,38	21,09					1378,60	340,51	9,78	2,42
Kupari (50% neits, 50% uusio)	kg	0,12	254,83	30,58					182,80	21,94	1,36	0,16
Tina	kg	0,001	6800,00	6,80					ei tietoa		ei tietoa	
Öljy	kg	0,002	1,50	0,00					11,40	0,02	0,04	0,00
Puuvilla	kg	0,10	8,60	0,86	2,90	0,29	5,01	0,50	6814,00	681,40	2,74	0,27
Σ				83,57		0,29		0,50		1262,67		9,67

Vaihe 6: Materiaalipanoksesta MIPSiksi

Laskentalomakkeissa kullekin tuotteelle ja sen käyttöiälle lasketut MI-arvot voidaan nyt suhteuttaa kolmeen alussa valittuun palvelusuoritteeseen:

- tunti matonpuhdistusta
- vuosi matonpuhdistusta (oletuksena 1,5 h viikossa)
- matonpuhdistus tuotteen koko käyttöiän aikana.

Tätä varten lasketaan koko käyttöiälle (10 ja 30 vuotta) lasketuista MI-arvoista (laskelmaa ei ole esitetty tässä) vuoden ja tunnin imuroinnin arvot.

MIPS (abioottiset ja bioottiset luonnonvarat sekä eroosio eli TMR/ palvelusuorite)

Palvelusuorite	Pölynimuri (käyttöikä: 10 vuotta)	Uusi matonpuhdistin (käyttöikä: 30 vuotta)
koko käyttöikä	5 174 kg	78,71 kg
vuosi matonpuhdistusta	517 kg	2,6 kg
yksi matonpuhdistus (0,5 h)	3,6 kg	0,02 kg

Vaihe 7: Tulosten tulkinta

Jo yllä taulukossa luetellut arvot osoittavat selvästi mattojen puhdistuslaitteiden materiaalinkulutuksen (TMR) eron. Jos tarkastellaan tuotteiden elinkaaren eri vaiheita (ks. taulukko alla), niin huomataan, että tavallisen imurin kohdalla käyttövaihe on ratkaisevin sähkönkulutuksensa takia.

MIPS (TMR/tuotteen käyttöaika) ja elinkaaren eri vaiheet

Elinkaaren vaihe	Pölynimuri (käyttöikä: 10 vuotta)	Uusi matonpuhdistin (käyttöikä: 30 vuotta)
Valmistus	84,4 kg	23,5 kg
Käyttö	5150 kg	55 kg
Jätehuolto	0,2 kg	0,24 kg

Tuloksia tarkasteltaessa voi ottaa huomioon, että jos verrataan tuotteiden MIPS-arvoja samanpituisen käyttöjakson (esimerkiksi kymmenen vuoden) aikana, tällöin matonpuhdistimen käyttö kuluttaa vain kolmasosan yllä esitetystä määrästä.

Laskenta mahdollistaa tuotteen elinkaaren tarkastelun ja optimointimahdollisuuksien tunnistamisen. Tavallisen imurin kohdalla optimointiin kannattaa tähdätä eniten luonnonvaroja kuluttavassa käyttövaiheessa. Suunnittelija Agim Metan tavoitteena oli kehittää jo olemassa olevalle tuotteelle rinnakkaistuote, joka tarjoaisi vastaavan palvelun, mutta kuluttaisi vähemmän luonnonvaroja. Tuloksena oli edellä esitelty matonpuhdistin.

Hyödyllistä tietoa

Kirjallisuuslähteet

- Bringezu, S.: Ressourcennutzung in Wirtschaftsräumen – Stoffstromanalysen für eine nachhaltige Raumentwicklung. Berlin, Heidelberg, New York 2000.
- Eurostat: Economy-wide material flow accounts and derived indicators. A methodological guide. Luxembourg 2001
- Schmidt-Bleek, F., Bringezu, S., Hinterberger, F., Liedke, C., Spangenberg, J., Stiller, H. & Welfens, M. J.: Handbuch der Materialintensitätsanalyse MAIA. Berlin, Basel, Boston: Birkhäuser Verlag 1998.
- Schmidt-Bleek, F.: Das MIPS Konzept: weniger Naturverbrauch – mehr Lebensqualität durch Faktor 10. München: Knaur 2000.
- Schmidt-Bleek, F.: Der Ökologische Rucksack – Wirtschaft für eine Zukunft mit Zukunft. Stuttgart. Hirzel 2004.

Suomeksi:

- Autio S. & Lettenmeier M.: Ekotehokkuus – Business as Future. Yrityksen ekoteho-opas. Teknillinen korkeakoulu, koulutuskeskus Dipoli. Dipoli-raportit/Dipoli-reports C, ympäristökoulutus. Espoo 2002.
- Schmidt-Bleek, F.: Luonnon uusi laskuoppi – Ekotehokkuuden mittari MIPS. Helsinki: Gaudeamus 2000.

Internet-osoitteita

www.mips-online.info
www.wupperinst.org
www.factor10.de

Suomeksi:

www.sll.fi/toiminta/kestava/ekotehokkuus
www.mips-online.fi

Tietokoneohjelmia elinkaariarviointien tekemiseen

- Gabi® valmistajina Stuttgartin yliopiston muoviteknologian instituutti (Institut für Kunststoffprüfung und Kunststoffkunde, IKP) ja PE Product Engineering GmbH: www.gabi-software.com
- Umberto® valmistajina Ifeu (Institut für Energie- und Umweltforschung, Heidelberg) ja Ifu, (Institut für Umweltinformatik, Hamburg): www.ifeu.de tai www.ifu.de

Panos (aine/välituote)		Yksikkö	Määrä	Abioottiset materiaalit		Bioottiset materiaalit	
				MI-kerroin kg/yksikkö	kg/yksikkö prosessin päätuottetta	MI-kerroin kg/yksikkö	kg/yksikkö prosessin päätuottetta
				0.00		0 00	